

Institut für Pflanzenkrankheiten
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn

**Labor- und Freilanduntersuchungen zur Attraktivität
unterschiedlicher Wild- und Nutzpflanzen auf die Adulten
verschiedener polyphager Prädatoren**

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung des Grades
Doktor der Agrarwissenschaften
(Dr. agr.)
der
Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

vorgelegt am 25. April 2002

von

Dipl.-Biol. Joachim Kranz

aus

Troisdorf

Referent: Prof. Dr. Çetin Şengonca

Korreferentin: Prof. Dr. Heide Schnabl

Tag der mündlichen Prüfung: 01. Juli 2002

Labor- und Freilanduntersuchungen zur Attraktivität unterschiedlicher Wild- und Nutzpflanzen auf die Adulten verschiedener polyphager Prädatoren

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich in Labor- und Freilandversuchen mit der Attraktionswirkung verschiedener Wild-, Zier- und Kulturpflanzenarten bzw. der von ihnen emittierten Allelochemikalien auf die Adulten der polyphagen Prädatoren *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* (L.), *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) (Col., Coccinellidae) sowie *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neur., Chrysopidae). Hierzu wurde ein vierarmiges Olfaktometer optimiert und in Vorversuchen im Labor für den Einsatz der Testindividuen aus Laborzucht und Freiland angepasst. Die Unterschiede zwischen Labor- und Freilandindividuen blieben gering, während in Gruppenversuchen eine signifikant niedrigere Aktivität der Testindividuen feststellbar war. Als optimale maximale Einzelversuchsdauer erwies sich eine Zeit von 30 Minuten, während die günstigste Hungerdauer zwischen einer Stunde (*C. carnea*) und sechs Stunden (*C. septempunctata*) variierte. Auffällige Unterschiede zwischen Individuen verschiedenen Geschlechts oder Alters traten hingegen nicht auf.

In den Laborversuchen wurden unter den im Olfaktometer getesteten Pflanzen deutlich unterschiedliche Attraktionswirkungen auf die vier Prädatorenarten festgestellt. Für die Individuen von *C. septempunctata* aus der Laborzucht ergeben sich z. B. für die getesteten Wildpflanzen Werte, die zwischen 6 % bei *Centaurea cyanus* und 32 % bei *Artemisia vulgaris* lagen. Die höchsten Attraktivitätswerte wurden mit 38 % für die Testindividuen von *C. septempunctata* bei *Fagopyrum esculentum*, 42 % für *A. bipunctata* bei *Medicago sativa*, 34 % für *P. quatuordecimpunctata* bei *M. sativa* sowie 38 % für *C. carnea* bei *Urtica dioica* als Duftquelle ermittelt. Die Freilandindividuen zeigten eine etwas höhere Reaktionsbereitschaft auf die Pflanzen als die Prädatoren aus den Laborzuchten.

Die Freilanduntersuchungen dienten der Ermittlung von Prädatorenpopulationsdichten in verschiedenen Pflanzenbeständen sowie auf Gemüsepflanzen bei Begleitpflanzung mit einigen an Hand der Olfaktometerversuche ausgewählten Pflanzenarten. Parallel wurden die Populationsdichten der jeweils häufigsten Aphidenarten erfasst. In Schachbrettversuchen konnten Prädatorendichten festgestellt werden, die sich bei allen vier Arten tendenziell ähnelten. Die höchsten Dichten wurden hierbei auf *A. vulgaris* oder *M. sativa* festgestellt. Begleitpflanzungen mit Pflanzen deutlicher olfaktorischer Attraktivität erhöhten daneben stellenweise signifikant die Populationsdichten der Prädatoren in angrenzenden Gemüsepflanzen, wobei die Unterschiede zwischen verschiedenen Varianten gering blieben. Neben einigen Wildpflanzen wie *A. vulgaris*, *U. dioica* oder *Tanacetum vulgare* bewirkten u. a. *F. esculentum*, *M. sativa* und *Phacelia tanacetifolia* deutliche Populationserhöhungen. Dies führte in den Begleitpflanzungsvarianten zu einer stellenweise signifikanten Reduktion von gemüsespezifischen Aphidenarten wie *Aphis fabae* oder *Myzus persicae* (Hom., Aphididae).

Insgesamt zeigten die Ergebnisse dieser Arbeit eine Korrelationen von Labor- und Freilandversuchen zur olfaktorischen Attraktivität von Pflanzen und verdeutlichten den Einfluss von olfaktorisch attraktiven Begleitpflanzen in verschiedenen Anlagevarianten auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden in Gemüsekulturen. Die Vorteile, die sich hieraus für die biologische Schädlingsbekämpfung ergeben, werden hinsichtlich einer praktischen Anwendungsmöglichkeit im Sinne der Nützlingserhaltung und -förderung und der hierzu notwendigen Habitatgestaltung diskutiert.

Laboratory and field studies on the attractiveness of different wild and cultivated plant species to some polyphagous predators

Abstract

In the present study, laboratory and field experiments were conducted in order to investigate the attractiveness of different wild, ornamental and cultivated plants as well as of their allelochemical secretions to the adults of the polyphagous predators *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* (L.), *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) (Col., Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neur., Chrysopidae). A modified 4-armed olfactometer was used in the experiments on both laboratory and field strains of the predators. Results showed that the differences between the predatory individuals from laboratory and field strains remains low, however, the reactivity of the tested individuals in the group-experiments was significantly lower. The maximal acceptable duration of a single experiment was found to be up to 30 minutes. On the other hand, the optimal starving duration ranged from one hour (*C. carnea*) to six hours (*C. septempunctata*). Furthermore, no remarkable differences were found among the individuals from different sexes or age groups.

In the laboratory experiments by the olfactometer, clear differences were found in the attractiveness of the different plants to the four predatory species tested, where it ranged, for instance, from 6 % with *Centaurea cyanus* to 32 % with *Artemisia vulgaris* for the laboratory-individuals of *C. septempunctata*. Maximal attractiveness level of 38 % was achieved for *C. septempunctata* with *Fagopyrum esculentum* as an odour source, 42 % for *A. bipunctata* with *Medicago sativa*, 34 % for *P. quatuordecimpunctata* with *M. sativa* and 38 % for *C. carnea* with *Urtica dioica*. The field-individuals showed a relatively more readily attracted to the different plant species than those individuals obtained from the laboratory rearings.

In the field experiments, the population density of the predators was studied on different cultivated plants in the presence of accompanying plants from these species. On the other hand, the population density of the aphids, which were most commonly encountered, was also determined. The population densities of the predators, which showed a similar tendency in the four species was determined in a completely randomised set of experiments, where the highest densities had been found on *A. vulgaris* and *M. sativa*. The presence of accompanying plants, which have a considerable olfactory attractiveness, had lead to a partially significant increase in the population density of the predators on neighbouring vegetable plants, while the differences among the different variants remained low. Some wild plants such as *A. vulgaris*, *U. dioica* and *Tanacetum vulgare* as well as *F. esculentum*, *M. sativa* and *Phacelia tanacetifolia* had remarkably enhanced the predatory population, which resulted in a partially significant reduction in the population density of the vegetable specific aphid species such as *Aphis fabae* or *Myzus persicae* (Hom., Aphididae) the variants with accompanying plants.

In conclusion, the results of present study showed a combination of laboratory and field experiments on the olfactory attractiveness of plants, and clarified the effect of olfactory attractive accompanying plants on the population density of predators and aphids on vegetable plants. The advantages of these results in the biological control are discussed with a special consideration of their implementation possibilities for the conservation and augmentation of natural enemies.

INHALTSVERZEICHNIS

| | <u>Seite</u> |
|---|--------------|
| 1 EINLEITUNG | 1 |
| 2 MATERIAL UND METHODEN | 3 |
| 2.1 Laboruntersuchungen | 3 |
| 2.1.1 Aufbau des Olfaktometers | 3 |
| 2.1.2 Prädatorenarten für die Olfaktometerversuche | 5 |
| 2.1.2.1 Auswahl der Prädatorenarten | 5 |
| 2.1.2.2 Laborzuchten der Prädatorenarten | 5 |
| 2.1.2.2.1 Zucht der Coccinelliden-Arten | 5 |
| 2.1.2.2.2 Zucht von <i>Chrysoperla carnea</i> | 6 |
| 2.1.2.3 Freilandfänge der Prädatorenarten | 7 |
| 2.1.2.3.1 Fang der Coccinelliden-Arten | 7 |
| 2.1.2.3.2 Fang von <i>Chrysoperla carnea</i> | 7 |
| 2.1.3 Aufzucht der Pflanzenarten | 7 |
| 2.1.4 Durchführung der Versuche | 10 |
| 2.1.4.1 Vorversuche zur Optimierung der Olfaktometeruntersuchungen | 10 |
| 2.1.4.1.1 Reaktionen von Prädatoren im Olfaktometer | 10 |
| 2.1.4.1.2 Eignung von Gruppenversuchen | 10 |
| 2.1.4.1.3 Ermittlung der optimalen Einzelversuchsdauer | 11 |
| 2.1.4.1.4 Ermittlung der optimalen artspezifischen Hungerdauer | 11 |
| 2.1.4.1.5 Ermittlung geschlechtsspezifischer Unterschiede | 11 |
| 2.1.4.1.6 Ermittlung altersspezifischer Unterschiede | 11 |
| 2.1.4.2 Versuche zur olfaktorische Wirkung von Pflanzen auf Prädatoren | 12 |
| 2.2 Freilanduntersuchungen | 12 |
| 2.2.1 Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden auf verschiedenen Pflanzen | 13 |
| 2.2.1.1 Pflanzen in schachbrettartigen Parzellen | 13 |
| 2.2.1.2 Pflanzen in rechteckigen Parzellen | 14 |
| 2.2.2 Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden bei Begleitpflanzung | 15 |
| 2.2.2.1 Luzerne in einer Buschbohnenkultur | 15 |
| 2.2.2.2 Wildpflanzen in einer Salatkultur | 16 |
| 2.2.2.3 Gründüngungspflanzen in einer Salatkultur | 17 |
| 2.2.2.4 Wildpflanzen in einer Kohlrabikultur | 18 |
| 2.2.2.5 Gründüngungspflanzen in einer Kohlrabikultur | 18 |
| 2.2.2.6 Zierpflanzen in einer Kohlrabikultur | 18 |
| 2.2.2.7 Phacelie in einer Rotkohlkultur | 20 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.2.2.8 | Wildpflanzen in einer Rotkohlkultur..... | 20 |
| 2.3 | Statistische Auswertung | 21 |
| 3 | ERGEBNISSE..... | 22 |
| 3.1 | Laboruntersuchungen | 22 |
| 3.1.1 | Optimierung der Olfaktometerversuche | 22 |
| 3.1.1.1 | Reaktionen von Prädatoren auf verschiedene Duftquellen | 22 |
| 3.1.1.2 | Eignung von Gruppenversuchen | 24 |
| 3.1.1.3 | Optimale Einzelversuchsdauer | 26 |
| 3.1.1.4 | Optimale artspezifische Hungerdauer | 27 |
| 3.1.1.5 | Geschlechtsspezifische Reaktionen..... | 29 |
| 3.1.1.6 | Altersspezifische Reaktionen | 31 |
| 3.1.1.7 | Zusammenfassung der Vorversuchsergebnisse..... | 33 |
| 3.1.2 | Olfaktorische Wirkung von Pflanzen auf Prädatoren..... | 34 |
| 3.1.2.1 | Wildpflanzen | 37 |
| 3.1.2.2 | Nutzpflanzen | 42 |
| 3.1.2.3 | Zierpflanzen..... | 44 |
| 3.1.2.4 | Gründungspflanzen | 46 |
| 3.1.2.5 | Pflanzenmischungen..... | 47 |
| 3.2 | Freilanduntersuchungen | 48 |
| 3.2.1 | Dichte von Prädatoren und Aphiden auf verschiedenen Pflanzenarten | 48 |
| 3.2.1.1 | Pflanzen in schachbrettartigen Parzellen..... | 48 |
| 3.2.1.2 | Pflanzen in rechteckigen Parzellen..... | 53 |
| 3.2.2 | Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden bei Begleitpflanzung..... | 55 |
| 3.2.2.1 | Luzerne in einer Buschbohnenkultur | 55 |
| 3.2.2.2 | Wildpflanzen in einer Salatkultur..... | 58 |
| 3.2.2.3 | Gründungspflanzen in einer Salatkultur..... | 60 |
| 3.2.2.4 | Wildpflanzen in einer Kohlrabikultur | 62 |
| 3.2.2.5 | Gründungspflanzen in einer Kohlrabikultur..... | 63 |
| 3.2.2.6 | Zierpflanzen in einer Kohlrabikultur..... | 65 |
| 3.2.2.7 | Phacelie in einer Rotkohlkultur..... | 66 |
| 3.2.2.8 | Wildpflanzen in einer Rotkohlkultur..... | 68 |
| 4 | DISKUSSION | 69 |
| | ZUSAMMENFASSUNG | 83 |
| | LITERATURVERZEICHNIS..... | 85 |

1 EINLEITUNG

Die Ergebnisse der in den letzten Jahren verstärkt vorangetriebenen Erforschung der Reaktionen von Arthropoden auf olfaktorische Stimuli verdeutlichen, dass derartige Reize vielfältige Verhaltensmuster bei den Zielobjekten hervorrufen können (PAYNE et al. 1986). Einen Schwerpunkt stellen hierbei Verhaltensweisen dar, wie sie für inter- und intraspezifische Kontakte zwischen Individuen und nutzbaren Ressourcen typisch sind (MURLIS et al. 1992). Klassische Beispiele sind das durch Pheromone hervorgerufene Suchverhalten zum Auffinden von Geschlechtspartnern (FARKAS et al. 1974) oder die Nahrungsfindung von Phytophagen (PICKETT et al. 1992). Da herkömmliche Pflanzenschutzmittel zudem mit vielfältigen Umweltproblemen einhergehen, werden zunehmend natürliche Botenstoffe auch in der biologischen Schädlingsbekämpfung eingesetzt (JUSTUM & GORDON 1989).

In letzter Zeit ist zudem die Bedeutung von Allelochemikalien für die Wirts- bzw. Beutefindung von Parasitoiden und Prädatoren in den Mittelpunkt der praxisorientierten Forschung gerückt (LEWIS & MARTIN 1990). So ist weitgehend geklärt, dass Prädatoren (SENGONCA & LIU 1994, SENGONCA et al. 1995a,b, PONSONBY & COPLAND 1995) und Parasitoide (COLAZZA et al. 1999) sowohl auf die von ihrer Beute bzw. ihren Wirten emittierten Allelochemikalien als auch auf diejenigen des Komplexes Futterpflanze/Phytophage reagieren (DRUKKER et al. 1995, VENZON et al. 1999). Auch die Habitatfindung kann durch olfaktorische Stimuli beeinflusst werden, wobei den von Pflanzen emittierten Allelochemikalien eine besondere Bedeutung zukommt (VET & DICKE 1992). Allerdings ist die Zahl diesbezüglicher Untersuchungen mit Parasitoiden deutlich höher (CORTESERO & MONGE 1994, ROMEIS et al. 1997) als für die habitatspezifisch eher unspezialisierten Prädatoren. Dennoch gibt es auch für Räuber aus unterschiedlichen Ordnungen vermehrt Hinweise auf eine olfaktorisch induzierte Habitatfindung, so z. B. für Raubthripse (SHIMODA et al. 1997), Blumenwanzen (DWUMFOUR 1992), Laufkäfer (TREFAS et al. 2001) oder Marienkäfer (HATTINGH & SAMWAYS 1995). Gerichtete Reaktionen von Prädatoren, gezielt auf die von Pflanzen emittierten Allelochemikalien, wurden bisher hingegen nur verhältnismäßig wenig untersucht (IPERTI & PRUDENT 1986, KRANZ & SENGONCA 2000, 2001, 2002, KRANZ et al. 2002, SENGONCA & KRANZ 2001, 2002).

Für Untersuchungen zur Wirkung olfaktorischer Reize auf Arthropoden werden unterschiedliche Olfaktometer-Varianten eingesetzt, darunter Y-Olfaktometer oder Mehrfacharm-Olfaktometer (DEAN & SATASOOK 1983, RAPUSAS et al. 1996). LIU & SENGONCA (1994) haben ihre Forschungen zu den Reaktionen räuberisch lebender Insekten mit einem speziell hierfür entwickelten Olfaktometer durchgeführt. Dieses Gerät ermöglichte eine gute Darstellung der Reaktionen von Coccinelliden-Larven auf die von ihren Beuteobjekten emittierten Kairomone. Zur Messung der Wirkung von olfaktorischen Attraktantien auf adulte Prädatoren erwies sich dieses

Olfaktometer hingegen als nicht optimal, so dass dieses Grundmodell entsprechend modifiziert und weiterentwickelt wurde (SENGONCA & KRANZ 2001).

Einen weiteren aktuellen Schwerpunkt der agrarwissenschaftlichen Forschung zur Begrenzung von Schädlingspopulationen stellt die Förderung des in der Agrarlandschaft vorhandenen natürlichen Nützlingspotentials dar (PICKETT & BUGG 1998, LANDIS et al. 2000). Eine Möglichkeit hierzu ist die gezielte Habitatmanipulation unter Verwendung verschiedener Pflanzenarten, die Nutzarthropoden sowohl Deckung und Überwinterungsquartier (BÜRKI & HAUSAMANN 1993) als auch essenzielle pflanzliche Nahrung wie Pollen und Nektar (KLAUSNITZER 1966) zur Verfügung stellen. Zusätzlich kann der auf diesen Pflanzen vorhandene Phytophagenkomplex eine Anlockung und Biotopbindung bei Nützlingen bewirken (ZANGGER et al. 1994). Als weitere Ursache für ein bevorzugtes Aufsuchen bestimmter Pflanzenarten werden von diesen ausgehende olfaktorische Reize angegeben (BOLDYREV & WILDE 1969, FLINT et al. 1979, SHAH 1983, IPERTI & PRUDENT 1986). Diese werden zudem mit als ein Grund für die auf verschiedenen Pflanzenarten deutlich divergierenden Populationsdichten von Prädatoren, wie z. B. Coccinelliden, vermutet (FREI & MANHART 1992, SCHMID 1992, KRANZ & SENGONCA 2001). Pflanzenarten, die derartige Effekte ausüben, können als Untersaaten und Mischkulturen (BUGG 1992), eingesäte Randstreifen aus Kultur- (SENGONCA & FRINGS 1988) und Wildpflanzen (NENTWIG 2000, KRANZ et al. 2002, SENGONCA & KRANZ 2002) oder durch den Erhalt natürlicher Habitatinseln (THOMAS et al. 1991) in landwirtschaftliche Kulturen eingebracht werden. Entsprechende Maßnahmen erhöhen somit die Habitatvielfalt und bewirken dadurch eine Stabilisierung von Agrarökosystemen (ANDOW 1991).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es u. a. ein vierarmiges Olfaktometer dahingehend zu modifizieren, um olfaktorisch induzierte Reaktionen von Adulten der Prädatorenarten *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* (L.), *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) (Coleoptera, Coccinellidae) und *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera, Chrysopidae) besser zu verdeutlichen. In Laborversuchen wurde daher mit dem vierarmigen Olfaktometer die olfaktorische Orientierung dieser vier Prädatorenarten auf die von verschiedenen Wild-, Zier- und Nutzpflanzen emittierten Allelochemikalien untersucht. In den Freilandversuchen erfolgte eine Überprüfung der Attraktionswirkung an Hand der Laborversuche ausgewählter Pflanzenarten auf die vier Prädatorenarten sowie die Wirkung verschiedener Pflanzen als Begleitpflanzungen in angrenzenden Gemüsekulturen auf die Dichte von Prädatoren und Aphiden. Letztlich war es ein wesentliches Anliegen dieser Arbeit herauszufinden, ob Olfaktometerversuche in der dargestellten Form eine Anwendung in der biologischen Schädlingsbekämpfung finden können und ob Begleitpflanzungen, die nach dieser Methode gestaltet werden, einen Beitrag zu einer umweltschonenderen Landwirtschaft zu leisten vermögen.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 Laboruntersuchungen

In diesem Abschnitt werden zunächst das verwendete vierarmige Olfaktometer, die Zucht- und Fangmethoden der eingesetzten Prädatorenarten sowie die Anzucht der benötigten Pflanzenarten dargestellt. Ferner werden die für den optimierten Einsatz der Testindividuen durchgeführten Untersuchungen zu Hungerdauer, optimaler Versuchsdauer pro Einzelindividuum, günstigster Gruppengröße sowie die Versuche zur olfaktorischen Attraktionswirkung der von Pflanzen emittierten Allelochemikalien auf Prädatoren vorgestellt.

2.1.1 Aufbau des Olfaktometers

Das in der vorliegenden Arbeit verwendete Olfaktometer basiert auf dem Grundmodell, wie es DEAN & SATASOOK (1983) beschrieben haben und stellt eine für die geänderten Versuchsbedingungen, insbesondere hinsichtlich der Verwendung adulter polyphager Prädatoren, modifizierte Variante des von LIU & SENGONCA (1994) eingesetzten Gerätes dar.

Grundbestandteile des weiterentwickelten vierarmigen Olfaktometers (Abb. 1) waren vier zylindrische Probengefäße zur Aufnahme der für die Emission von Allelochemikalien vorgesehenen Duftquellen, die im 90°-Abstand um eine zentrale Arena angeordnet waren. Diese vier Probengefäße hatten ein Volumen von jeweils 0,025 m³ (0,5 m Höhe, 0,18 m Durchmesser), bestanden aus Plexiglas und konnten luftdicht verschlossen werden. Die ebenfalls luftdichte zentrale Arena besaß eine Grundfläche von 196 cm² bei einer Höhe von 2 cm und hatte somit ein Volumen von 392 cm³. Eine Hubvorrichtung in der Arenamitte ermöglichte den schnellen Einsatz der Testindividuen in das Olfaktometer. Dichtungsringe gewährleisteten auch hier einen luftdichten Abschluss des Gerätes während der Versuchsdurchführung.

Die Verbindung der den Probengefäßen vorgeschalteten und als Fanggefäße dienenden vier 100 ml-Polyethylen-Flaschen zur zentralen Arena erfolgte über runde Verbindungsstücke (Durchmesser 2 cm, Länge 9 cm) aus Plexiglas. Die Fanggefäße waren so gestaltet, dass die Testindividuen leicht entnommen werden konnten. Als Verbindung der Arena zur Pumpe bzw. der Probengefäße zu den Fanggefäßen und Durchflussmessgeräten dienten Schläuche aus chemisch inertem Material.

Die notwendigen Luftströme zum Transport der von den Versuchspflanzen emittierten Allelochemikalien wurden im modifizierten Olfaktometer-Modell mit Hilfe einer Membran-Vakuumpumpe der Firma KNF Neuberger GmbH (maximale Förderleistung: 15 l/min) aufge-

baut. Um die Testindividuen einem fortlaufenden Einfluss gleich starker Ströme von Allelochemikalien auszusetzen, erfolgte eine Regulation der vier Teilströmungen mit Hilfe von Durchflussmessgeräten der Firma Bailey-Fischer-Porter, Göttingen (maximale Durchflussrate: 640 ml/min). Als optimal für die Versuchsdurchführung erwies sich eine Strömungsgeschwindigkeit von 200 ml/min, da höhere Geschwindigkeiten vor allem bei kleineren Prädatoren zu unerwünschten Beeinflussungen führen konnten, während niedrigere Durchflussraten die notwendige Feinregulierung für eine gleichmäßige Strömung erschwerten.

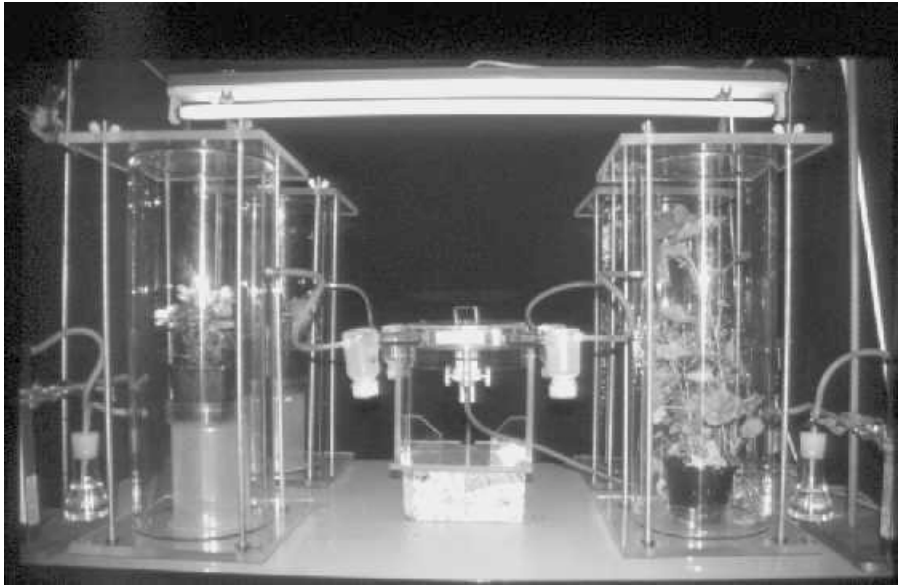


Abb. 1: Ansicht des verwendeten vierarmigen Olfaktometers

Zur Fluktuationsdämpfung, d. h. zum Ausgleich plötzlich auftretender Druckunterschiede im Olfaktometer, wurden zwischen Pumpe und Olfaktometer zwei 5 l-Kanister eingebaut, zusätzlich erfolgte vor Versuchsbeginn eine Überprüfung der kontinuierlichen Luftströmungen im Olfaktometer mit Hilfe von NH_4Cl -Rauch. Unerwünschte Duftstoffe wurden mit Hilfe von Waschflaschen herausgefiltert, was ebenfalls eine Modifikation des Grundmodells von LIU & SENGONCA (1994) bedeutete.

Da die Testindividuen im Olfaktometer leicht von äußeren Faktoren (Licht, Bewegungen etc.) beeinflusst werden konnten, wurde die gesamte Apparatur mit schwarzem Stoff abgeschirmt. Die Ausleuchtung der Apparatur unter dieser Verkleidung erfolgte durch zwei Taglichtleuchten mit einer Lichtstärke von jeweils 1000 Lux. Da zudem im Plexiglasmaterial des Olfaktometers Lichtspiegelungseffekte auftraten, erwies es sich als notwendig, die Grundfläche und die Seiten der Arena sowie die Böden der Verbindungsstücke mit nichtreflektierender schwarzer Pappe auszukleiden. Die Durchführung der Versuche erfolgte bei einer Raumtemperatur von $23 \pm 2^\circ\text{C}$.

2.1.2 Prädatorenarten für die Olfaktometerversuche

2.1.2.1 Auswahl der Prädatorenarten

Für die Durchführung der Olfaktometerversuche wurden neun Prädatorenarten (Tab. 1) auf ihre Tauglichkeit für Untersuchungen im beschriebenen Olfaktometer überprüft. Besonderer Wert lag hierbei auf einer schnellen und guten Handhabbarkeit der Testindividuen.

Tab. 1: Liste der auf ihre Handhabbarkeit und Eignung für die Olfaktometerversuche überprüften Prädatorenarten

| Art | Ordnung / Familie | Eignung |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------|
| <i>Philodromus cespitum</i> (CL.) | (Araneae, Philodromidae) | nein |
| <i>Anthocoris nemorum</i> (L.) | (Heteroptera, Anthocoridae) | nein |
| <i>Nabis apterus</i> (Fabricius) | (Heteroptera, Nabidae) | nein |
| <i>Chrysoperla carnea</i> (Steph.) | (Neuroptera, Chrysopidae) | ja |
| <i>Episyrphus balteatus</i> De Geer | (Diptera, Syrphidae) | nein |
| <i>Rhagonycha fulva</i> Scop. | (Coleoptera, Cantharidae) | nein |
| <i>Coccinella septempunctata</i> L. | (Coleoptera, Coccinellidae) | ja |
| <i>Adalia bipunctata</i> (L.) | (Coleoptera, Coccinellidae) | ja |
| <i>Propylea 14-punctata</i> (L.) | (Coleoptera, Coccinellidae) | ja |

In der Vorauswahl erwiesen sich einige der Prädatoren als zu klein bzw. zu mobil für das beschriebene Olfaktometer (Tab. 1). Für die weiteren Versuche geeignet waren die folgenden Prädatorenarten: *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* sowie *C. carnea*.

2.1.2.2 Laborzuchten der Prädatorenarten

2.1.2.2.1 Zucht der Coccinelliden-Arten

Die Zucht von *C. septempunctata* wurde im Klimaschrank unter konstanten Bedingungen durchgeführt. Die Temperatur lag bei 23 ± 1 °C, die relative Luftfeuchte betrug 70 ± 10 %. Die Beleuchtung entsprach Langtagbedingungen mit 2500 Lux und einem Verhältnis von 16 h hell : 8 h dunkel. Jeweils 30 Individuen (15 Männchen, 15 Weibchen) befanden sich in einem mit Gaze abgedecktem Zuchtgefäß (25x15x17 cm). Als Nahrung dienten die Blattlausarten *Acyrtosiphon pisum* (Harris), *Aphis fabae* Scop. und *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera, Aphididae), die aus institutseigenen Erhaltungszuchten stammten. Daneben wurden den adulten Individuen Zedernpollen angeboten. Zur Eiablage dienten Stücke schwarzer Mulchfolie. Die hierauf vorgefundenen Eigelege wurden in mit Gaze abgedeckte Runddosen (Durchmesser 11 cm) überführt. Nach

dem Schlüpfen der Larven erfolgte deren Haltung bis zur Verpuppung wie die der Imagines, bei Fütterung mit *A. pisum*, *A. fabae* und *M. persicae*. Die nach der Verpuppung schlüpfenden Imagines wurden in die Zuchtgefäße überführt.

Auch die Zucht von *A. bipunctata* und *P. quatuordecimpunctata* erfolgte nach dem beschriebenen Schema. Auf Fütterung mit *A. fabae* wurde jedoch in beiden Fällen aus Gründen einer ansonsten verzögerten Entwicklung und einer in der Folge reduzierten Individuenzahl verzichtet.

2.1.2.2.2 Zucht von *Chrysoperla carnea*

Die Zucht von *C. carnea* erfolgte in Klimaschränken bei einer konstanten Temperatur von $25 \pm 1^\circ \text{C}$, einer rel. Luftfeuchte von $60 \pm 20 \%$, sowie einer künstlichen Beleuchtung mit einer Lichtstärke von ca. 2500 Lux im Verhältnis von 16 h hell : 8 h dunkel. Die Zuchtgefäße bestanden aus beidseitig mit Gaze bespannten Plexiglasröhren (Durchmesser 15 cm, Höhe 12 cm). Wassergetränkte Schwämme auf der Unterseite dienten zur Wasserversorgung der adulten Florfliegen, die zu jeweils ca. 40 Individuen pro Gefäß gehalten wurden. Die Fütterung der Adulten erfolgte mit einem Nährmedium aus vier Teilen Bierhefe, sieben Teilen Honig und fünf Teilen Wasser (HASSAN 1975), welches auf Filterpapier aufgetragen war. Zur Vermeidung von Verunreinigungen wurden die Adulten in regelmäßigen Abständen in neue Gefäße umgesetzt.

Die Ablage der gestielten Eier fand fast ausschließlich am oberen Deckel der Zuchtgefäße statt, wo sie mit einer Rasierklinge leicht vom Stiel abgeschnitten werden konnten. Die Eier wurden auf Runddosen (Durchmesser 11 cm, Höhe 3 cm) verteilt, in denen die Larvalentwicklung stattfand. Die Fütterung der Larven erfolgte mit der Blattlausart *A. pisum* sowie Eiern der Getreidemotte *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera, Gelechiidae). Um die Verluste durch Kannibalismus gering zu halten, wurden die Larven ab Ende des zweiten Stadiums einzeln gehalten. Die entsprechenden Gefäße bestanden aus kleinen Petrischalen mit einem Durchmesser von 3,5 cm, die auf Plexiglasplatten aufgeklebt waren. Hier erfolgte die Haltung bis zur Verpuppung und die geschlüpften Adulten wurden anschließend in die Plexiglasröhren überführt.

2.1.2.3 Freilandfänge der Prädatorenarten

Für den Vergleich der olfaktorischen Reaktionen von Individuen aus Laborzuchten zu solchen aus dem Freiland, war es notwendig, die entsprechenden Prädatoren in geeigneten Habitaten zu fangen. Die anschließende Haltung und Ernährung erfolgte wie bei den Individuen aus den Laborzuchten. Da eine Adaption an die künstlichen Haltungsbedingungen nicht auszuschließen war, wurden die Freilandfänge nur für zwei Monate als solche in den Olfaktometerversuchen verwendet. Anschließend fand eine Überführung dieser Individuen in die Laborzuchten statt.

2.1.2.3.1 Fang der Coccinelliden-Arten

Zum Fang adulter Individuen von *C. septempunctata* im Freiland dienten verschiedene Methoden. Neben dem Abklopfen strauchartiger Vegetation (Hecken, Obstkulturen) mit Hilfe eines Klopfrichters wurden gezielte Handfänge durchgeführt. Zusätzlich erfolgte ein Abkäschen von Getreidefeldern und Wildpflanzenbeständen. Adulte Individuen von *A. bipunctata* und *P. quatuordecimpunctata* wurden ebenfalls nach diesen Methoden gesammelt, allerdings lag bei *A. bipunctata* der Schwerpunkt, dem Vorzugshabitat der Art entsprechend, im Abklopfen strauchartiger Vegetation.

2.1.2.3.2 Fang von *Chrysoperla carnea*

Um Freilandfänge von adulten *C. carnea* zu erhalten, wurden grundsätzlich die gleichen Methoden verwendet, wie in Kap. 2.1.2.3.1 beschrieben. Allerdings erfolgten vermehrt gezielte Hand- und Käscherfänge, um eine Beschädigung der empfindlichen adulten Individuen zu vermeiden.

2.1.3 Aufzucht der Pflanzenarten

Die im Olfaktometer getesteten Pflanzenarten (Tab. 2) wurden aus Saatgut herangezogen, welches in Wildbeständen gesammelt oder von Firmen (Blauetikett-Bornträger GmbH/Offstein bzw. Kiepenkerl-Pflanzenzüchtung/Everswinkel) bezogen werden konnte. Die Aussaat erfolgte in Pflanzschalen, aus denen wiederum pro Pflanzenart jeweils fünf bis zehn Keimlinge für die weitere Aufzucht pikiert und in Kunststoff-Pflanztöpfe (Durchmesser 12 cm) umgepflanzt wurden. Die Aussaat und anschließende Aufzucht erfolgten unter Verwendung spezieller Pflanzenerde („Klasmann Spezialmischung“) in Gewächshäusern des Institutes für Pflanzenkrankheiten.

Um die Oberfläche der Versuchspflanzen, über die eine Emission von Allelochemikalien stattfinden konnte, in vergleichbaren Dimensionen halten zu können, kamen nur Pflanzen ähnlicher Größe zur Verwendung. Ein Besatz der Versuchspflanzen mit Schadinsekten wurde durch den Einsatz biologischer Mittel auf Pflanzenölbasis (CELAFLOR®, Firma Celaflor der Rhone-Poulenc Gruppe) weitgehend verhindert, wodurch ein Einfluss entsprechender Allelochemikalien auf die Testindividuen ausgeschlossen werden konnte. Zur besseren Vergleichbarkeit wurden nur nichtblühende Pflanzen verwendet. Aus Gründen der Übersichtlichkeit erfolgte eine Einteilung der Pflanzen in die Gruppen Wildpflanzen, Nutzpflanzen (Gewürze und Gemüse), Zierpflanzen und Gründüngungspflanzen.

Tab. 2: Liste der in den Olfaktometerversuchen getesteten Pflanzenarten (systematische Einteilung und Nomenklatur nach ROTHMALER 1972)

| Gruppe | Wissenschaftlicher Name | Deutscher Name | Familie |
|--------------|--|----------------------|----------------|
| Wildpflanzen | <i>Papaver rhoeas</i> L. | Klatschmohn | Papaveraceae |
| | <i>Urtica urens</i> L. | Kleine Brennnessel | Urticaceae |
| | <i>Urtica dioica</i> L. | Große Brennnessel | Urticaceae |
| | <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | Zurück. Amaranth | Amaranthaceae |
| | <i>Rumex acetosella</i> L. | Kleiner Sauerampfer | Polygonaceae |
| | <i>Viola arvensis</i> Murray | Ackerstiefmütterchen | Violaceae |
| | <i>Alliaria petiolata</i> Cavara et Grande | Knoblauchsrauke | Brassicaceae |
| | <i>Barbarea vulgaris</i> R. Br. | Echtes Barbarakraut | Brassicaceae |
| | <i>Thlaspi arvense</i> L. | Ackerhellerkraut | Brassicaceae |
| | <i>Malva sylvestris</i> L. | Wilde Malve | Malvaceae |
| | <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. | Wiesenkerbel | Apiaceae |
| | <i>Pastinaca sativa</i> L. | Pastinak | Apiaceae |
| | <i>Daucus carota</i> L. | Wilde Möhre | Apiaceae |
| | <i>Sambucus nigra</i> L. | Schwarzer Holunder | Caprifoliaceae |
| | <i>Symphytum officinale</i> L. | Beinwell | Boraginaceae |
| | <i>Lamium purpureum</i> L. | Rote Taubnessel | Lamiaceae |
| | <i>Salvia pratensis</i> L. | Wiesensalbei | Lamiaceae |
| | <i>Campanula rapunculoides</i> L. | Ackerglockenblume | Campanulaceae |
| | <i>Achillea millefolium</i> L. | Gemeine Schafgarbe | Asteraceae |
| | <i>Matricaria chamomilla</i> L. | Echte Kamille | Asteraceae |
| | <i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L. | Wiesenmargerite | Asteraceae |
| | <i>Tanacetum vulgare</i> L. | Rainfarn | Asteraceae |
| | <i>Artemisia vulgaris</i> L. | Beifuß | Asteraceae |
| | <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. | Ackerkratzdistel | Asteraceae |
| | <i>Centaurea cyanus</i> L. | Kornblume | Asteraceae |
| Nutzpflanzen | <i>Cucumis sativus</i> L. | Gurke | Cucurbitaceae |
| | <i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC | Rauke | Brassicaceae |
| | <i>Raphanus sativus</i> var. <i>sativus</i> L. | Radisheschen | Brassicaceae |
| | <i>Linum usitatissimum</i> L. | Flachs | Linaceae |
| | <i>Petroselinum crispum</i> (Mill.) A.W.Hill | Petersilie | Apiaceae |
| | <i>Carum carvi</i> L. | Kümmel | Apiaceae |
| | <i>Pimpinella anisum</i> L. | Anis | Apiaceae |

Tab. 2: Fortsetzung der Liste der im Olfaktometer getesteten Pflanzenarten

| Gruppe | Wissenschaftlicher Name | Deutscher Name | Familie |
|-------------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|
| Nutzpflanzen (Fortsetzung) | <i>Anethum graveolens</i> L. | Dill | Apiaceae |
| | <i>Daucus sativus</i> Hoffm. | Gartenmöhre | Apiaceae |
| | <i>Valeriana officinalis</i> L. | Echter Baldrian | Valerianaceae |
| | <i>Borago officinalis</i> L. | Borretsch | Boraginaceae |
| | <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill | Tomate | Solanaceae |
| | <i>Melissa officinalis</i> L. | Zitronenmelisse | Lamiaceae |
| | <i>Mentha piperita</i> L. | Pfefferminze | Lamiaceae |
| | <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. | Lavendel | Lamiaceae |
| | <i>Ocimum basilicum</i> L. | Basilikum | Lamiaceae |
| | <i>Artemisia absinthium</i> L. | Wermut | Asteraceae |
| Zierpflanzen | <i>Aconitum napellus</i> L. | Blauer Eisenhut | Ranunculaceae |
| | <i>Gomphrena globosa</i> L. | Kugelamaranth | Amaranthaceae |
| | <i>Viola</i> sp. | Hornveilchen | Violaceae |
| | <i>Malva</i> sp. | Ziermalve | Malvaceae |
| | <i>Lathyrus odoratus</i> L. | Gartenwicke | Fabaceae |
| | <i>Tropaeolum majus</i> L. | Kapuzinerkresse | Tropaeolaceae |
| | <i>Convolvulus</i> sp. | Zierwinde | Convolvulaceae |
| | <i>Nicotiana</i> sp. | Ziertabak | Solanaceae |
| | <i>Antirrhinum majus</i> L. | Löwenmäulchen | Scrophulariaceae |
| | <i>Verbena peruviana</i> (L.) Britt. | Zierverbene | Verbenaceae |
| | <i>Salvia faranicea</i> Benth. | Ziersalbei | Lamiaceae |
| | <i>Rudbeckia hirta</i> L. | Sonnenhut | Asteraceae |
| | <i>Helianthus annuus</i> L. | Sonnenblume | Asteraceae |
| | <i>Tagetes patula</i> L. | Tagetes | Asteraceae |
| | <i>Achillea</i> sp. | Zierschafgarbe | Asteraceae |
| | <i>Chrysanthemum</i> sp. | Ziermargerite | Asteraceae |
| | <i>Centaurea moschata</i> L. | Zierflockenblume | Asteraceae |
| Gründungspflanzen | <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench | Buchweizen | Polygonaceae |
| | <i>Brassica n. napus</i> L. | Raps | Brassicaceae |
| | <i>Sinapis arvensis</i> L. | Ackersenf | Brassicaceae |
| | <i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl. | Staudenlupine | Fabaceae |
| | <i>Lupinus luteus</i> L. | Gelbe Lupine | Fabaceae |
| | <i>Medicago sativa</i> L. | Luzerne | Fabaceae |
| | <i>Trifolium incarnatum</i> L. | Inkarnat-Klee | Fabaceae |
| | <i>Ornithopus sativus</i> Brot. | Serradella | Fabaceae |
| | <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth | Phacelie | Hydrophyllaceae |

Zusätzlich zu den verschiedenen Pflanzenarten (Tab. 2) wurden noch die von der Firma Kiepenkerl-Pflanzenzüchtung vertriebenen Saadmischungen „Bienenweide“, „Nützlingswiese“ und „Schmetterlingswiese“ ausgesät und im Olfaktometer auf ihre olfaktorische Attraktivität getestet. Eine exakte Artenzusammensetzung der in diesen Mischungen vorhandenen Pflanzensaatn war nicht bekannt.

2.1.4 Durchführung der Versuche

2.1.4.1 Vorversuche zur Optimierung der Olfaktometeruntersuchungen

In Vorversuchen mit der Ackerbohne *Vicia faba* L. als Duftquelle erfolgte eine Überprüfung der grundsätzlichen Tauglichkeit des Olfaktometers zur Ermittlung olfaktorischer Reaktionen von Prädatoren. Neben unbefallenen Bohnenpflanzen wurden auch solche Pflanzen im Olfaktometer als Duftquelle getestet, die mit Blattläusen der Art *A. pisum* besetzt waren. Als weitere Duftquelle kamen in den Vorversuchen die Blattläuse ohne Bohnenpflanzen zum Einsatz. In weiteren Versuchsreihen zur Optimierung des Olfaktometers wurden Gruppenversuche durchgeführt sowie die für jede Prädatorenart günstigste Versuchsdauer pro Einzelindividuum und die optimale Hungerdauer ermittelt. Daneben sollte auch überprüft werden, ob geschlechts- und altersspezifische Reaktionsunterschiede bei den Prädatoren auftraten.

2.1.4.1.1 Reaktionen von Prädatoren im Olfaktometer

Zur Ermittlung der olfaktorischen Reaktionen der o. g. Prädatorenarten wurden Testindividuen dieser Arten drei verschiedenen Duftquellen (Ackerbohnen, Blattläuse, Kombination Ackerbohnen + Blattläuse) im Olfaktometer ausgesetzt. Je ein Probengefäß war mit Blattläusen, Ackerbohnen oder der Kombination bestückt. Das vierte Probengefäß blieb leer und diente als Kontrolle. Pro Prädatorenart wurden 100 Zuchtindividuen, für *C. septempunctata* zusätzlich 100 Freilandfänge eingesetzt. Sobald eines der Testindividuen in einem Fanggefäß auftrat, erfolgte die Zuordnung zu der entsprechenden Duftquelle und somit eine Wertung als positive Reaktion darauf. Die Dauer eines Einzelversuches betrug maximal 30 Minuten. Die Individuen, die nach dieser Zeit noch in der Arena verblieben bzw. für die eine Zuordnung zur Leerprobe erfolgte, wurden extra gezählt. Während der Versuche fand ein Austausch der Duftquellen zwischen den Probengefäßen statt, die dabei jeweils mit warmem Wasser ohne Spülmittel gereinigt wurden.

2.1.4.1.2 Eignung von Gruppenversuchen

Mit der gleichen Versuchsanordnung wie in Kap. 2.1.4.1.1 beschrieben, erfolgte die Ermittlung der Reaktionen von Testindividuen, die in Gruppen gleichzeitig in das Olfaktometer gesetzt wurden. Ziel war es hierbei zu überprüfen, ob bei den Testindividuen eine potentielle gegenseitige Ablenkung auftreten konnte. Für jede Prädatorenart wurden 100 Zuchtindividuen, für *C. septempunctata* zudem 100 Freilandfänge in Fünfergruppen mit jeweils 20 Wiederholungen eingesetzt. Die Versuchsdauer betrug für jede Gruppe maximal 30 Minuten.

2.1.4.1.3 Ermittlung der optimalen Einzelversuchsdauer

Um möglichst viele Individuen testen zu können, wurde die für jede Art optimale Einzelversuchsdauer ermittelt. Das Ziel war einen Kompromiss zwischen einer möglichst hohen Zahl und einer ausreichenden „Orientierungsphase“ der in das Olfaktometer gesetzten Testindividuen zu finden. Sofern im Anschluss eine positive Reaktion erfolgte, wurde die Zeit registriert, die seit dem Einsetzen des Individuums vergangen war. Diese Kontrolle erfolgte in fünfminütigen Intervallen, um äußere Einflüsse wie Lichteinfall auf die Testindividuen gering zu halten. Pro Prädatorenart (Zucht und für *C. septempunctata* zusätzlich Freiland) wurden 70 Individuen eingesetzt, denen zweimal die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ angeboten wurde, während die beiden übrigen Probengefäße leer blieben.

2.1.4.1.4 Ermittlung der optimalen artspezifischen Hungerdauer

Da die physiologische Konstitution die Aktivität der Testindividuen beeinflussen konnte, wurde für jede der vier Prädatorenarten die optimale Hungerdauer ermittelt. Hierzu bekamen immer 20 Individuen einer Art für eine jeweils definierte Zeitspanne von 1 h bis 12 h bzw. 15 h (*C. septempunctata*) keine Nahrung. Die Dauer eines Einzelversuches betrug maximal 30 Minuten. Den Testindividuen (Laborzucht und für *C. septempunctata* zusätzlich Freiland) wurde in zwei Probengefäßen die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ angeboten, die beiden übrigen Probengefäße blieben leer.

2.1.4.1.5 Ermittlung geschlechtsspezifischer Unterschiede

Um feststellen zu können, ob es auffällige Unterschiede in den Reaktionen weiblicher und männlicher Testindividuen auf die Duftquellen gab, wurden pro Prädatorenart jeweils 50 weibliche und männliche Zuchtindividuen mit vorab ermittelten artspezifischen Versuchs- bzw. Hungerdauern nach dem in Kap. 2.1.4.1.1 beschriebenen Versuchsschema getestet.

2.1.4.1.6 Ermittlung altersspezifischer Unterschiede

Zur Überprüfung altersspezifischer Reaktionsunterschiede der einzelnen Prädatorenarten wurden jeweils 50 zehn Tage bzw. drei Monate alte Zuchtindividuen mit vorab ermittelten artspezifischen Versuchs- bzw. Hungerdauern nach dem in Kap. 2.1.4.1.1 beschriebenen Versuchsschema getestet.

2.1.4.2 Versuche zur olfaktorische Wirkung von Pflanzen auf Prädatoren

Eines der vier Probengefäße des Olfaktometers wurde mit der zu testenden und sich in Töpfen befindlichen Pflanzenart bestückt. In den drei weiteren Probengefäßen befanden sich als Kontrolle nur mit Anzuchterde gefüllte Pflanztöpfe. Für jede überprüfte Versuchskombination einer Pflanzen- mit einer Prädatorenart erfolgte die Verwendung von 50 verschiedenen Laborzucht- bzw. Freilandindividuen. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag bei *C. septempunctata*, gefolgt von den Arten *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea*. Die Testindividuen wurden vorab einer artspezifischen Hungerdauer unterzogen. Zur Anwendung kamen zudem möglichst Individuen gleichen Alters. Bei den Freilandfängen konnte dies nicht umgesetzt werden. Eine geschlechtsspezifische Unterscheidung fand nicht statt.

Die Zuordnung der Testindividuen zu einer der Duftquellen erfolgte durch visuelle Kontrolle des Olfaktometers im Abstand von fünf Minuten. Als positive Reaktion galt hierbei das Auftreten eines Individuums in dem der Duftquelle zugeordnetem Fanggefäß. Prädatoren, die sich nach 15 Minuten noch immer in der Arena befanden, wurden der Kategorie „ohne Reaktion“ zugeordnet. Nach einem Durchgang mit jeweils 50 Testindividuen erfolgte eine Reinigung der Probengefäße. Die äußeren Versuchsbedingungen waren - wie in Kap. 2.1.1 beschrieben - gestaltet.

Neben den einzelnen Pflanzenarten wurden noch die Saatmischungen „Bienenweide“, „Nützlingswiese“ sowie „Schmetterlingswiese“ mit jeweils unterschiedlicher Artenzusammensetzung, die nicht bekannt war, im Olfaktometer hinsichtlich ihrer olfaktorischen Attraktionswirkung auf die vier Prädatorenarten getestet.

2.2 Freilanduntersuchungen

Im folgenden Abschnitt werden die zur Überprüfung der Attraktionswirkungen verschiedener Pflanzenarten in den Jahren 1999 und 2000 durchgeführten Freilanduntersuchungen beschrieben. Diese Versuche fanden auf dem Versuchsgelände des Institutes für Pflanzenkrankheiten in Bonn-Poppelsdorf sowie auf Feldern des ökologisch wirtschaftenden Betriebes „Gut Ostler“ in Bonn-Messdorf statt. Die Flächen wurden nach der im Gemüsebau üblichen Praxis vorbereitet, auf „Gut Ostler“ entsprechend den für den biologischen Landbau gültigen Richtlinien.

Während der Untersuchungszeiträume entfielen Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen. Eine künstliche Bewässerung erfolgte nur während sehr trockener Witterungsabschnitte. Auflaufende Unkräuter wurden mechanisch entfernt. Die Versuchparzellen waren in der Regel von Getreideschlägen und Rasenflächen umgeben, um eine gegenseitige Abgrenzung zu ermöglichen.

2.2.1 Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden auf verschiedenen Pflanzen

In den hier beschriebenen Versuchen wurden die Populationsdichten von Adulten der im Labor getesteten Prädatorenarten *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* sowie der jeweils häufigsten pflanzenspezifischen Aphidenarten ermittelt. Hierdurch sollte überprüft werden, ob Pflanzenarten mit divergierender olfaktorischer Attraktionswirkung im Freiland unterschiedliche Populationsdichten dieser Prädatorenarten aufwiesen.

2.2.1.1 Pflanzen in schachbrettartigen Parzellen

Für diese Versuche wurden 15 olfaktorisch unterschiedlich attraktive Pflanzenarten (Tab. 3) nach schachbrettartigem Muster (Abb. 2) im Mai 1999 in Dreiergruppen auf dem Versuchsgelände ausgesät. Sowohl in den Parzellen als auch auf den Trennflächen erfolgte eine regelmäßige mechanische Entfernung aller Unkräuter. Zwei der Arten keimten nicht aus (Tab. 3), stattdessen wurde hier die aufkommende Spontanvegetation bonitiert, die vor allem aus *Galinsoga ciliata* (Rafin.) Blake, *Galinsoga parviflora* Cav., *Chenopodium album* L. und *Urtica urens* L. bestand.

Tab. 3: Die im Versuch mit schachbrettartigen Parzellen eingesäten Pflanzenarten

| Pflanzenart | Keimung | Pflanzenart | Keimung |
|--|---------|---------------------------------|---------|
| <i>Alliaria petiolata</i> Cavara et Grande | ja | <i>Linum usitatissimum</i> L. | ja |
| <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. | ja | <i>Matricaria chamomilla</i> L. | ja |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L. | ja | <i>Medicago sativa</i> L. | ja |
| <i>Campanula rapunculoides</i> L. | ja | <i>Pastinaca sativa</i> L. | ja |
| <i>Centaurea cyanus</i> L. | ja | <i>Salvia pratensis</i> L. | nein |
| <i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L. | ja | <i>Tanacetum vulgare</i> L. | ja |
| <i>Daucus carota</i> L. | ja | <i>Urtica dioica</i> L. | nein |
| <i>Lamium purpureum</i> L. | ja | | |

In den Dreiergruppen erfolgte die Einsaat einer Versuchspflanzenart in drei jeweils 4 m² große Parzellen A, B oder C (Abb. 2). Pro Einzelparzelle wurden fünf Boniturflächen von je 0,25 m² abgesteckt, jeweils eine in den vier Ecken und eine in der Mitte jeder Parzelle. Die visuelle Bonitur des gesamten in diesen abgesteckten Flächen befindlichen Pflanzenbestandes erfolgte wöchentlich von Anfang Juni bis Ende September. Jede der 0,25 m²-Teilflächen wurde maximal für fünf Minuten auf die Dichten der Prädatorenarten sowie der jeweils häufigsten pflanzenspezifischen Aphidenarten hin untersucht.

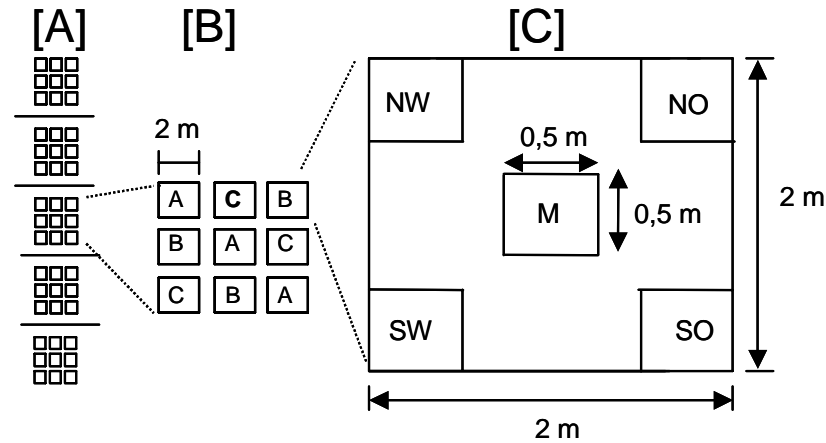


Abb. 2: Schema der schachbrettartigen Versuchsanordnung zur Überprüfung der Wirkung verschiedener Pflanzenarten auf Prädatoren mit Lage der Dreiergruppen im Feld [A], Verteilung der Parzellen dreier Pflanzenarten A, B und C einer Gruppe [B] sowie die Ausmaße und Lage der pro Parzelle bonitierten Teilflächen [C]

2.2.1.2 Pflanzen in rechteckigen Parzellen

Für diese Versuchsreihe erfolgte die Aussaat von Pflanzen und Saadmischungen (Tab. 4) in rechteckige Parzellen mit einer Fläche von jeweils 0,5 x 2,5 m. Diese waren in eine Rasenfläche eingefräst, was eine klare Trennung der Parzellen ermöglichte. Zusätzlich zu den elf verschiedenen Pflanzenarten wurden noch die von der Firma Kiepenkerl-Pflanzenzüchtung vertriebenen Saadmischungen „Bienenweide“, „Nützlingswiese“ und „Schmetterlingswiese“ in Parzellen von jeweils 0,5 m x 2,5 m ausgesät und auf ihre Attraktionswirkung überprüft. Die genauen Artenzusammensetzungen der in diesen Mischungen vorhandenen Pflanzensaatn war nicht bekannt.

Tab. 4: Die im Versuch mit rechteckigen Parzellen verwendeten Pflanzenarten

| Pflanzenart | Keimung | Pflanzenart | Keimung |
|---------------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
| <i>Borago officinalis</i> L. | ja | <i>Pimpinella anisum</i> L. | ja |
| <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench. | ja | <i>Sinapis arvensis</i> L. | ja |
| <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. | nein | <i>Valeriana officinalis</i> L. | ja |
| <i>Lupinus luteus</i> L. | ja | | |
| <i>Melissa officinalis</i> L. | nein | <u>Saadmischungen:</u> | |
| <i>Mentha piperita</i> L. | nein | „Bienenweide“ | ja |
| <i>Ocinum basilicum</i> L. | ja | „Nützlingswiese“ | ja |
| <i>Phacelia tanacetifolia</i> Bentham | ja | „Schmetterlingswiese“ | ja |

Die Aussaat der drei Mischungen sowie der Arten *Lupinus luteus*, *Ocimum basilicum* und *Phacelia tanacetifolia* erfolgte zweifach. In jeweils einer dieser beiden Parzellen wurden alle Blüten entfernt, um im Vergleich den Einfluss blühender Pflanzen auf die Populationsdichte der untersuchten Prädatoren ermitteln zu können. Die wöchentliche visuelle Bonitur erfolgte von Mitte Juni bis Mitte September 1999, wobei zur Feststellung der Populationsdichten die Gesamtfläche einer Parzelle für maximal zehn Minuten untersucht wurde.

2.2.2 Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden bei Begleitpflanzung

Im Folgenden werden Versuche beschrieben, in denen die Wirkung olfaktorisch unterschiedlich attraktiver Pflanzenarten auf die Populationen der vier Prädatorenarten *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* in benachbarten Gemüsekulturen untersucht wurde. Als zusätzlicher Parameter für den Einfluss dieser Begleitpflanzungen erfolgte die Überprüfung des Befalls der einzelnen Gemüsesorten mit den jeweils häufigsten Aphidenarten.

2.2.2.1 Luzerne in einer Buschbohnenkultur

Die Versuche zur Attraktionswirkung von *M. sativa* (Luzerne) fanden auf dem Versuchsgelände in Poppelsdorf statt. Die Begleitpflanze *M. sativa* wurde hierbei streifenförmig in bzw. rahmenförmig um Kulturen der Buschbohne *Phaseolus vulgaris* L. (Sorte „Hilds Marona“) ausgesät (Abb. 3). Die Aussaat von *M. sativa* erfolgte Mitte Mai, die der Buschbohnen Ende Mai 1999. Da *M. sativa* den Winter überdauerte, konnten die Versuche im Jahr 2000 wiederholt werden. Im Jahr 2000 erfolgte die Aussaat der Bohnen Mitte Mai.

Pro Versuchsvariante und Kontrolle wurden zwölf Bohnenreihen mit einer Länge von jeweils 20 m angelegt, der Reihenabstand betrug 30 cm. In der Variante „Streifen“ fand die Aussaat von *M. sativa* nach jeweils drei Reihen Bohnen statt, in der Variante „Rahmen“ erfolgte diese rahmenförmig um die gesamte Bohnenparzelle (Abb. 3).

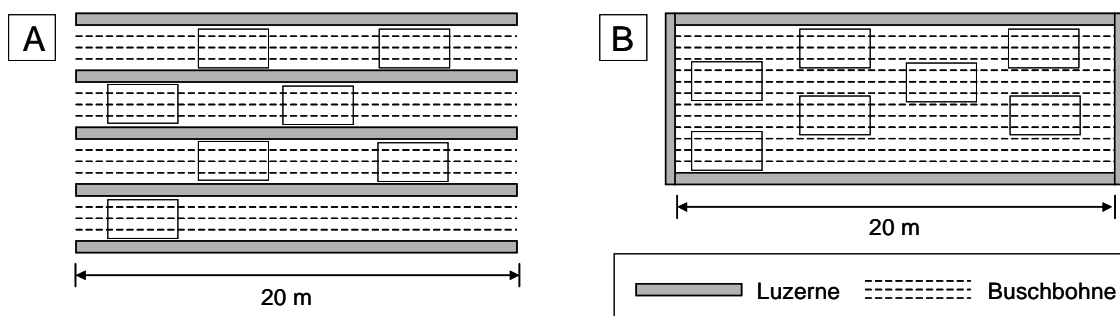


Abb. 3: Streifen- [A] und rahmenförmige [B] Begleitpflanzung mit *Medicago sativa* in einer Buschbohnenkultur in den Jahren 1999 und 2000

In den Versuchsvarianten sowie in der Kontrolle erfolgte eine Bonitur von jeweils 35 ausgewählten Bohnenpflanzen, die in sieben Wiederholungen mit je fünf Pflanzen auf die Bohnenreihen verteilt waren (Abb. 3). Die visuelle Bonitur fand in beiden Jahren wöchentlich von Mitte Juni bis Mitte August statt, wobei die ausgewählten Bohnenpflanzen komplett auf die Dichten der vier Prädatoren- und der häufigsten Aphidenarten hin untersucht wurden.

2.2.2.2 Wildpflanzen in einer Salatkultur

Die Wildpflanzen *A. vulgaris* (Beifuß), *T. vulgare* (Rainfarn) und *U. dioica* (Brennnessel) wurden im Sommer 2000 als Begleitpflanzen einer Kultur mit Salat *Lactuca sativa* L. (Sorte „Kopfsalat Sander“) auf dem Versuchsgelände in Poppelsdorf gepflanzt. Das Saatgut zur Anzucht der Pflanzen stammte aus Wildbeständen und wurde in Pflanzschalen zur Auskeimung gebracht. Die anschließend zu jeweils vier Exemplaren in Töpfe (Durchmesser 7,5 cm) pikierten Wildpflanzen erreichten im Gewächshaus bis zum Auspflanzen eine Höhe von etwa 10 cm.

Das Auspflanzen von Wildpflanzen und Salat erfolgte Ende April. Die angelegte Salatkultur hatte eine Länge von 50 m und eine Breite von 6 m bei insgesamt 20 Reihen Salat (Abb. 4).

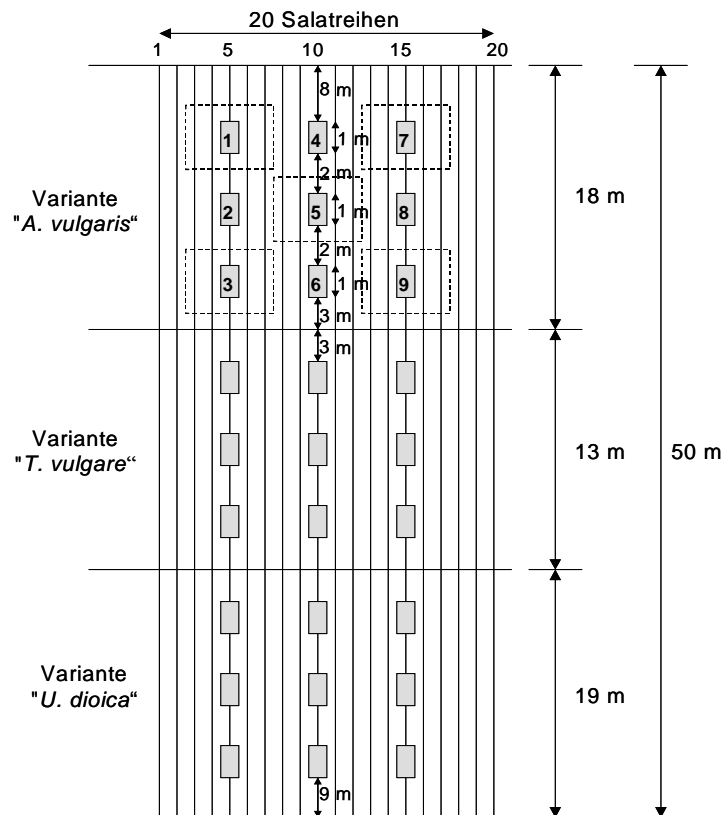


Abb. 4: Versuchsanlage zur Überprüfung der Auswirkung von *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* und *Urtica dioica* als Begleitpflanzung auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden in einer Salatkultur im Jahr 2000

Sowohl der Abstand zwischen den Pflanzen als auch zwischen den Reihen betrug 30 cm. Die Gesamtfläche der Salatkultur war in drei Varianten mit jeweils einer der Wildpflanzen als Begleitpflanzung geteilt. Pro Variante wurden die Wildpflanzen in jeweils neun Parzellen mit einer Größe von je 1,0 x 0,3 m zwischen die Salatzeilen gepflanzt. Ein wildpflanzenfreier Abschnitt von jeweils 6 m befand sich zwischen zwei Varianten (Abb. 4). Weiterhin ergab sich an den Kopfabschnitten der Salatkultur ein 8 m bzw. 9 m großer Abschnitt ohne Wildpflanzen. Die Kontrolle mit 20 Reihen Salat, jeweils 20 m lang, befand sich räumlich getrennt an anderer Stelle des Versuchsfeldes. Zur Ermittlung der Dichten der vier Prädatoren- bzw. häufigsten Aphidenarten erfolgte pro Variante von Mitte Mai bis Mitte Juli eine wöchentliche visuelle Bonitur von 35 Salatpflanzen. Hierzu wurden in jeder Variante fünf Wiederholungen mit je sechs Salatpflanzen ausgewählt, die einen vergleichbaren Abstand zueinander und zu den Wildpflanzenparzellen hatten (Abb. 4). Die Kontrolle bestand ebenfalls aus fünf Wiederholungen mit je sechs Salatpflanzen. Zur Vermeidung von Beschädigungen wurde bei der Bonitur auf ein Auseinanderziehen der Salatköpfe verzichtet.

2.2.2.3 Gründungspflanzen in einer Salatkultur

Die Pflanzenarten *F. esculentum* (Buchweizen) und *L. luteus* (Gelbe Lupine) sowie eine Saatmischung beider Arten im Verhältnis 1:1 wurden Ende Juli 2000 auf dem Versuchsgelände in Poppendorf reihenförmig in Salatkulturen (Sorte „Kopfsalat Sander“) eingesät. Die Anzucht und das Auspflanzen der Salatpflanzen erfolgten wie in Kap. 2.2.2.2 erläutert. Pro Variante und Kontrolle waren zwölf Reihen Salat mit einer Länge von jeweils 8 m Länge angelegt (Abb. 5).

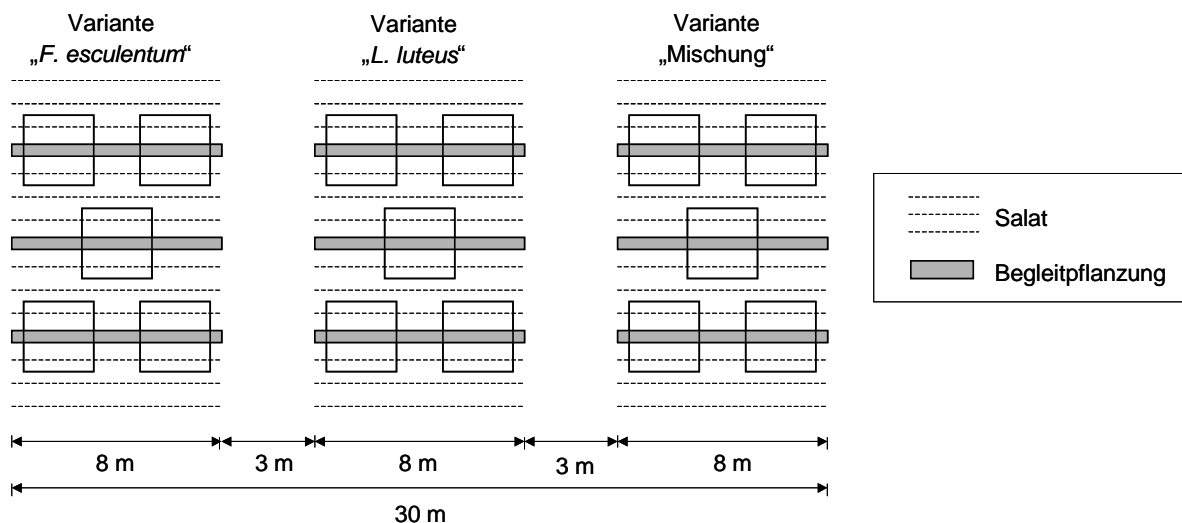


Abb. 5: Versuchsanlage zur Überprüfung der Auswirkung von *Fagopyrum esculentum*, *Lupinus luteus* sowie einer Mischung beider Pflanzen als Begleitpflanzung auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden in einer Salatkultur im Jahr 2000

Nach jeder dritten Salatreihe wurde in den drei Varianten ein 10 cm breiter Streifen der entsprechenden Begleitpflanze eingesät. Zwischen den Varianten befand sich jeweils ein 3 m breiter Streifen, der während des Boniturzeitraums vegetationsfrei gehalten wurde. Die Kontrolle mit 15 Reihen Salat, jeweils 10 m lang, befand sich an anderer Stelle des Versuchsfeldes.

Die wöchentliche visuelle Bonitur der pro Versuchsvariante und Kontrolle jeweils ausgewählten 30 Salatpflanzen erfolgte von Mitte August bis Ende September. In jeder Variante wurden hierzu fünf Wiederholungen mit jeweils sechs Salatpflanzen ausgewählt, die einen vergleichbaren Abstand zueinander und zu den Begleitpflanzungsstreifen hatten (Abb. 5). In der Kontrolle erfolgte die Bonitur ebenfalls in fünf Wiederholungen mit jeweils sechs Salatpflanzen. Mit Ausnahme der geschlossenen Köpfe wurde jede Salatpflanze vollständig auf die Dichten der vier Prädatoren- bzw. häufigsten Aphidenarten hin abgesucht.

2.2.2.4 Wildpflanzen in einer Kohlrabikultur

Die Untersuchungen zur Auswirkung der Wildpflanzen *A. vulgaris*, *T. vulgare* und *U. dioica* als Begleitpflanzungen in einer Kohlrabikultur (Sorte „Korist K1“) fanden 1999 auf dem Versuchsgelände in Poppelsdorf statt. Anzucht und die Ende April durchgeführte Auspflanzung von Wild- und Kohlrabipflanzen sowie die Versuchsanlage erfolgten wie in Kap. 2.2.2.2 beschrieben. Die wöchentliche visuelle Bonitur der in den Varianten und in der Kontrolle ausgewählten 30 Kohlrabipflanzen in fünf Wiederholungen mit jeweils sechs Pflanzen fand von Mitte Mai bis Anfang August statt, wobei jede Pflanze komplett untersucht wurde. Aufgenommen wurden die Dichten der vier Prädatorenarten sowie der häufigsten Aphidenarten.

2.2.2.5 Gründungspflanzen in einer Kohlrabikultur

Im Jahr 2000 wurden Versuche mit streifenförmiger Begleitpflanzung aus *F. esculentum* und *L. luteus* sowie einer Mischung beider Pflanzen in einer Kohlrabikultur auf dem Versuchsgelände durchgeführt. Versuchsanordnung und -durchführung erfolgten wie in Kap. 2.2.2.3 dargestellt. Aufgenommen wurden die Dichten der vier Prädatoren- und der häufigsten Aphidenarten.

2.2.2.6 Zierpflanzen in einer Kohlrabikultur

Im Sommer 2000 wurden die fünf Zierpflanzenarten *Malva* sp. (Ziermalve), *C. moschata* (Zierflockenblume), *G. globosa* (Kugelamaranth), *A. majus* (Löwenmäulchen) sowie *Achillea* sp. (Zierschafgarbe) als Begleitpflanzungen in einer Kohlrabikultur (Sorte „Korist K1“) auf dem

Versuchsgelände eingebracht. Die Anzucht und das Auspflanzen Ende April sowie die Anlage der 20 jeweils 45 m langen Kohlrabireihen erfolgten wie in Kap. 2.2.2.2 erläutert.

Die Gesamtfläche war in fünf Varianten mit einer Länge von jeweils 9 m aufgeteilt. Jeweils eine der Zierpflanzenarten wurde als Begleitpflanzung verwendet, wobei diese nach dem in Abb. 6 dargestellten Schema in die Kohlrabireihen gepflanzt waren. Pro Variante wurden neun Begleitpflanzungspartzellen (1,0 m x 0,3 m) angelegt. Die Kontrolle befand sich an einer anderen Stelle des Versuchsgeländes. Pro Variante und Kontrolle wurden insgesamt 30 Kohlrabi-Pflanzen ausgewählt, die in fünf Wiederholungen mit jeweils sechs Pflanzen in den Varianten verteilt waren (Abb. 6) und einen vergleichbaren Abstand zueinander und zu den Zierpflanzenparzellen hatten. In der Kontrolle waren ebenfalls fünf Wiederholungen mit jeweils sechs Kohlrabipflanzen ausgewählt. Die wöchentliche visuelle Bonitur der kompletten Kohlrabipflanzen erfolgte von Mitte Mai bis Anfang August. Aufgenommen wurden die Dichten der vier Prädatorenarten sowie der häufigsten Aphidenarten.

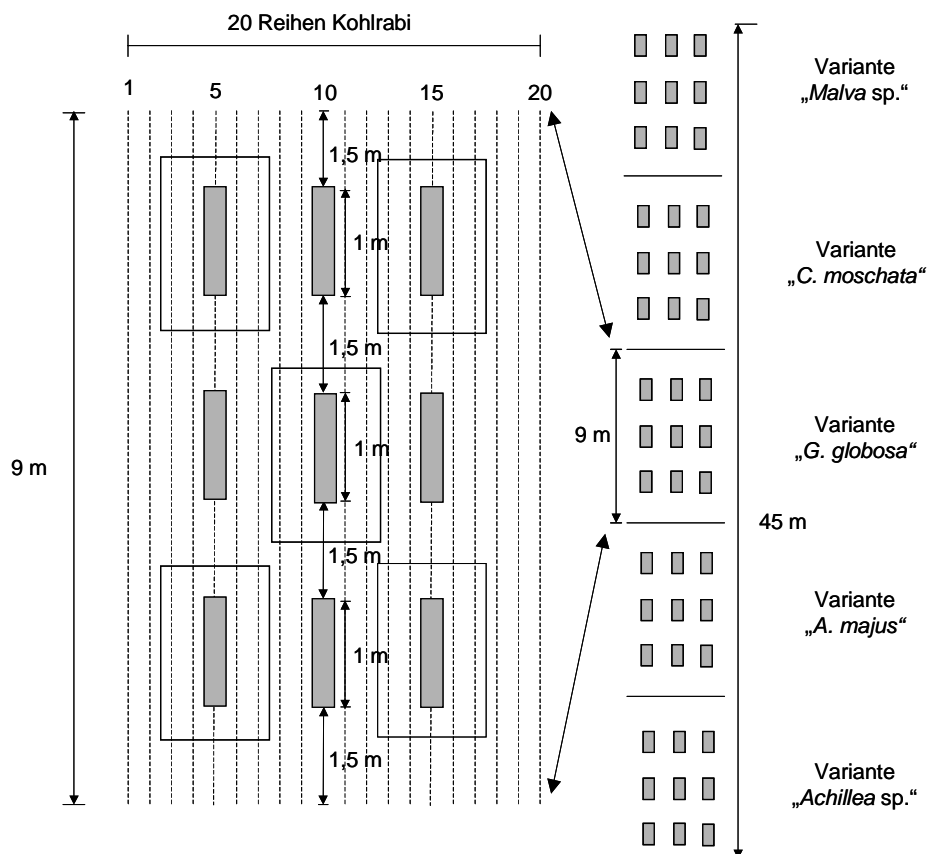


Abb. 6: Versuchsanlage zur Überprüfung der Auswirkung von verschiedenen Zierpflanzenarten als Begleitpflanzung auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden in einer Kohlrabikultur im Jahr 2000

2.2.2.7 Phacelie in einer Rotkohlkultur

Für diesen Versuch wurde auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb „Gut Ostler“ in Bonn-Messdorf Mitte Juni 1999 parallel zu einer Kultur mit Rotkohl (*Brassica oleracea* L.) ein 70 m langer und 1,5 m breiter Streifen mit *P. tanacetifolia* (Phacelie) eingesät (Abb. 7). Der Rotkohl war Ende Mai gepflanzt worden. In den angrenzenden 15 Rotkohlreihen mit einem Abstand zwischen Reihen und Pflanzen von jeweils 40 cm erfolgte von Ende Juni bis Mitte September eine wöchentliche visuelle Bonitur von 36 Pflanzen (sechs Wiederholungen mit je sechs Pflanzen) zur Ermittlung der Populationsdichten der vier Prädatorenarten sowie der häufigsten Aphidenarten. Jede Kohlpflanze wurde komplett untersucht. Die Kontrolle mit 36 Pflanzen in sechs Wiederholungen mit jeweils sechs Pflanzen befand sich in einem anderen Rotkohlfeld des Betriebes.

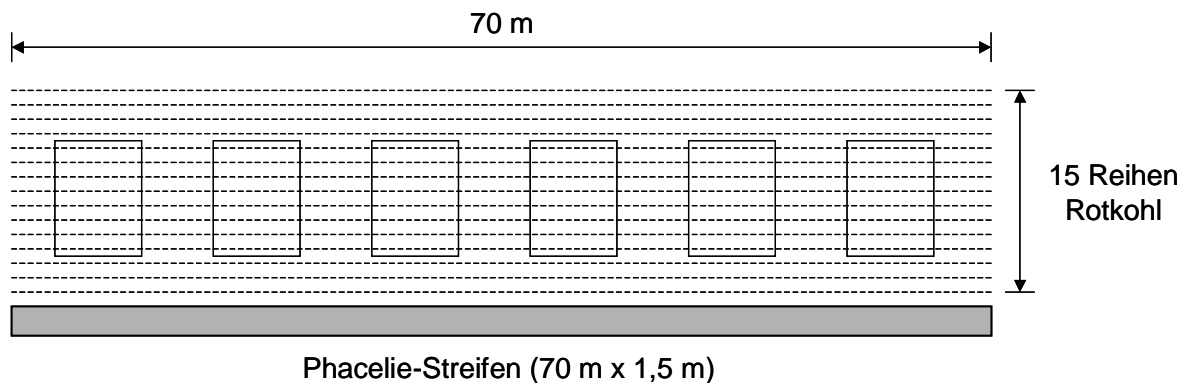


Abb. 7: Versuchsanlage zur Überprüfung der Auswirkung von *Phacelia tanacetifolia* als Begleitpflanzung auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden in einer Rotkohlkultur im Jahr 1999

2.2.2.8 Wildpflanzen in einer Rotkohlkultur

Die hier dargestellte Untersuchung zur Auswirkung von Wildpflanzen auf Prädatoren fand 1999 auf dem ökologisch wirtschaftenden Betrieb „Gut Ostler“ in Bonn-Messdorf statt. In einer Ende Mai gepflanzten Rotkohlkultur (40 m x 12 m) wurden zwei 12 m breite und 6 m tiefe Parzellen festgelegt. In diesen Parzellen erfolgte die Auswahl von jeweils 36 Kohlpflanzen in sechs Wiederholungen zu jeweils sechs Pflanzen (Abb. 8). Diese wurden zwischen Anfang Juni und Anfang September wöchentlich visuell komplett bonitiert. In der als Kontrolle dienenden Parzelle erfolgte eine regelmäßige mechanische Entfernung aller aufkommenden Wildpflanzen, während diese in der zweiten Fläche aufwachsen konnten. Die aufkommende Segetalflora bestand vor allem aus den Arten *M. chamomilla* (Echte Kamille), *U. urens* (Kleine Brennnessel) *C. album* (Weißer Gänsefuß), *D. carota* (Wilde Möhre) sowie *Galinsoga* spp. (Franzosenkräuter).

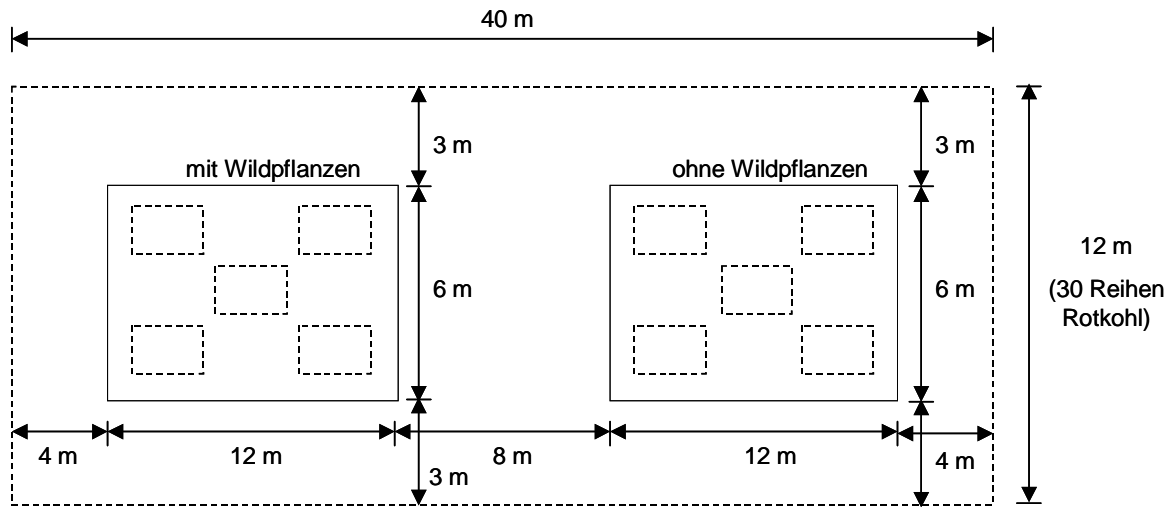


Abb. 8: Versuchsanlage zur Überprüfung der Auswirkung von mitaufwachsenden Wildpflanzen auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden in einer Rotkohlkultur im Jahr 1999

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Ergebnisse zum Vergleich der im Olfaktometer angebotenen Duftquellen in ihrer Wirkung auf die Testindividuen wurde mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests bei einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ (KÖHLER et al. 1984).

Die statistische Auswertung der Ergebnisse aus den Freilandversuchen erfolgte nach Überprüfung der Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnow-Test) sowie der Varianzhomogenität für Versuche mit mehreren Varianten (Bartlett-Test) mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse. Nicht normalverteilte Daten kamen durch den H-Test nach Kruskal-Wallis (KÖHLER et al. 1984) zur Auswertung. Für die Feststellung von Signifikanzen zwischen mehreren Varianten wurde die Multiple Comparison Procedures nach Dunnett verwendet (KÖHLER et al. 1984). In allen Fällen galt ein Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$.

3 ERGEBNISSE

3.1 Laboruntersuchungen

Der folgende Abschnitt befasst sich zunächst mit den Vorversuchsergebnissen zur Optimierung des Olfaktometers. Des Weiteren werden die in den Untersuchungen zur olfaktorischen Attraktionswirkung verschiedener Pflanzenarten auf adulte Prädatoren gewonnenen Ergebnisse dargestellt.

3.1.1 Optimierung der Olfaktometerversuche

3.1.1.1 Reaktionen von Prädatoren auf verschiedene Duftquellen

Die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ bewirkte bei Freilandfängen von *C. septempunctata* mit 38 % eine gegenüber den Individuen „ohne Reaktion“ mit 7 % signifikant höhere Attraktivität (Chi-Quadrat Test, $p \leq 0,05$) (Abb. 9). Bei den Individuen aus der Laborzucht war dieser Unterschied mit 30 % (Ackerbohne + Blattläuse) gegenüber 16 % (ohne Reaktion) hingegen nicht signifikant. Als weitere Duftquelle mit höheren Reaktionsanteilen gegenüber der Probe „ohne Duftquelle“ bzw. den Individuen „ohne Reaktion“ folgten Blattläuse (*A. pisum*) mit 20 % (Laborzucht) bzw. 24 % (Freiland). Auch die Duftquelle „Ackerbohne“ rief eine gegenüber der Probe „ohne Duftquelle“ höhere Attraktivität hervor. In dem entsprechenden Fanggefäß fanden sich 15 % der Zuchtindividuen bzw. 13 % der Freilandfänge. Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die einzelnen Duftquellen auf Zucht- und Freilandindividuen eine ähnliche Attraktionswirkung ausübten.

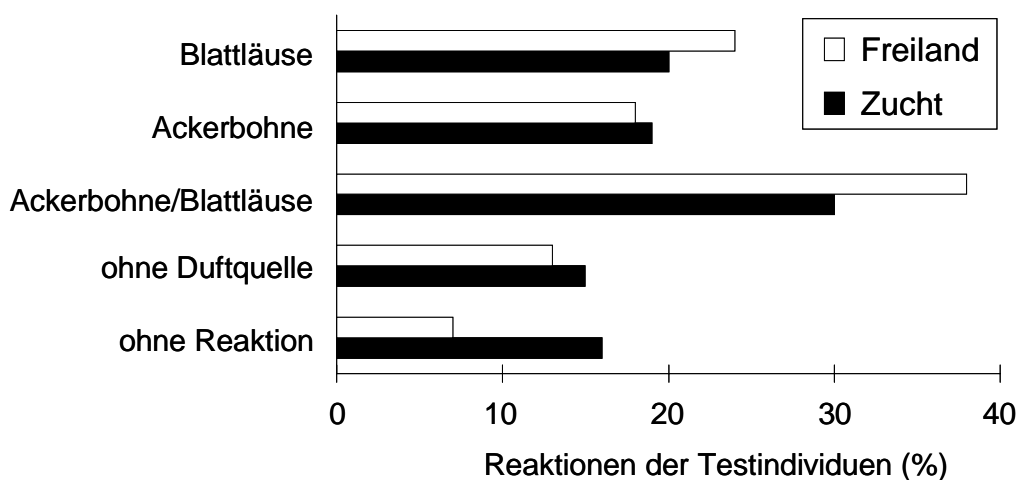


Abb. 9: Prozentuale Anzahl der Reaktionen von *Coccinella septempunctata*-Adulten (Laborzucht und Freiland, $n = 100$) auf verschiedene Duftquellen im Olfaktometer [Einzelindividuen, Versuchsdauer jeweils max. 30 min, Hungerdauer 6 h]

Die Aktivität der Freilandfänge war insgesamt höher, da von ihnen nur 7 % nach einer Versuchsdauer von maximal 30 Minuten noch keine Reaktionen gezeigt hatten, während es bei den Prädatoren aus der Laborzucht mit 16 % mehr als doppelt so viele Individuen waren. Entsprechend deutlicher fielen die Reaktionen der Freilandfänge auf die Duftquellen aus.

Die Beobachtungen, die mit *C. septempunctata* gemacht wurden, trafen mit Abweichungen für die drei übrigen Arten ebenfalls zu, allerdings nur bei Verwendung von Zuchtindividuen. Auch hier rief jeweils die Probe „Ackerbohne + Blattläuse“ die meisten positiven Reaktionen bei *A. bipunctata* (31 %), *P. quatuordecimpunctata* (30 %) und *C. carnea* (29 %) hervor (Abb. 10).

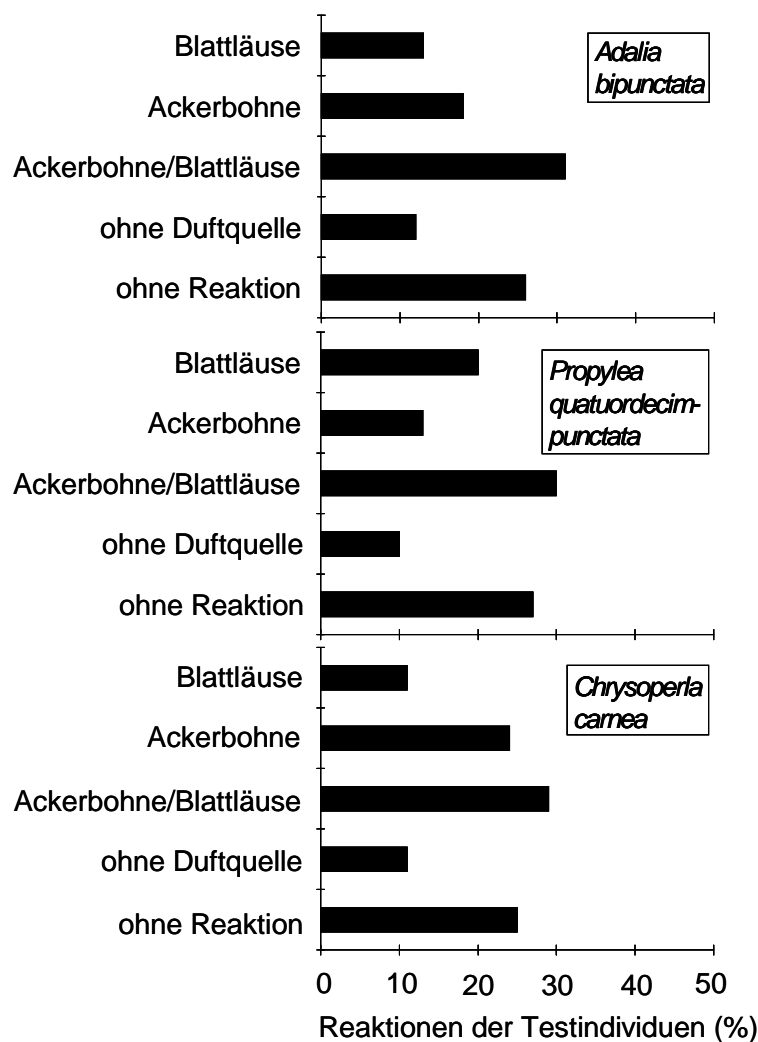


Abb. 10: Prozentuale Anzahl der Reaktionen von Adulten von drei Prädatorenarten (Laborzucht, jeweils n = 100) auf unterschiedliche Duftquellen im Olfaktometer [Einzelindividuen, Versuchsdauer jeweils max. 30 min, Hungerdauer 6 h]

In allen drei Fällen bildeten solche Individuen, die nach der maximalen Versuchsdauer in der Arena verblieben und somit als „ohne Reaktionen“ gewertet wurden, die zweitgrößte Gruppe (*A. bipunctata* 26 %, *P. quatuordecimpunctata* 27 % und *C. carnea* 25 %). Während bei *P. quatuordecimpunctata*, ähnlich wie bei *C. septempunctata*, die Duftquelle „Blattläuse“ mit 20 % mehr Reaktionen als die Probe „Ackerbohne“ mit 13 % bewirkte, war es bei *A. bipunctata* und *C. carnea* umgekehrt. Hier rief die Probe „Ackerbohne“ 18 % bzw. 24 % aller Reaktionen hervor, im Gegensatz zur Probe „Blattläuse“ mit 13 % (*A. bipunctata*) und 11 % (*C. carnea*).

Insgesamt verteilten sich die adulten *C. septempunctata* etwas gleichmäßiger auf die angebotenen Duftquellen. Grundsätzlich zeigten jedoch alle vier Prädatorenarten ähnliche Tendenzen hinsichtlich der Attraktivität der einzelnen Duftquellen, wobei jeweils die meisten Reaktionen bei der Probe „Ackerbohne + Blattläuse“ zu verzeichnen war (Abb. 10).

3.1.1.2 Eignung von Gruppenversuchen

Die Ergebnisse des Versuches mit gleichzeitigem Einsetzen von fünf *C. septempunctata*-Adulten zeigten deutlich, dass die Zahl positiver Reaktionen auf die Duftquellen durch dieses Vorgehen eingeschränkt wurde (Abb. 11). So zeigten 60 % der Freilandfänge innerhalb von 30 min keine Reaktion auf eine der angebotenen Duftquellen, bei den Individuen aus den Laborzuchten waren es 68 %. Entsprechend war jeweils die Anzahl der Testindividuen (Laborzucht und Freiland) ohne Reaktionen signifikant höher als die derjenigen Individuen, die auf jeweils eine der drei Duftquellen bzw. die Probe „ohne Duftquelle“ reagiert hatten (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$).

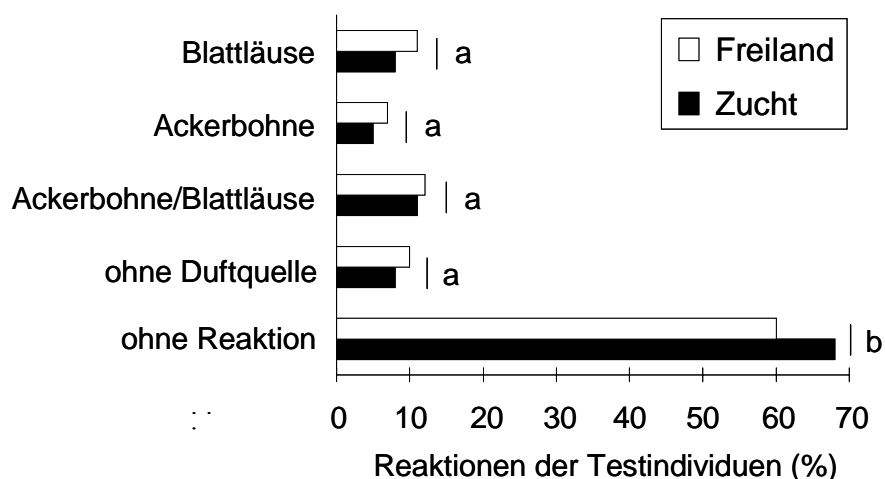


Abb. 11: Prozentuale Anzahl der Reaktionen von *Coccinella septempunctata*-Adulten ($n = 100$, 20 Gruppen mit je fünf Individuen) auf verschiedene Duftquellen im Olfaktometer [Versuchsdauer jeweils max. 30 min, Hungerdauer 6 h; Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test)]

Insgesamt konnte auch in den Gruppenversuchen beobachtet werden, dass die Freilandindividuen eine leicht höhere Reaktionsbereitschaft auf die Duftquellen zeigten als diejenigen aus der Laborzucht, wobei die Unterschiede allerdings in keinem Fall signifikant waren (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$). So rief beispielsweise die Probe „Blattläuse“ bei 11 % der Freiland- und bei 8 % der Zuchtindividuen positive Reaktionen hervor. Bedingt durch die geringe Zahl an Testindividuen, die letztlich auf die Duftquellen reagierten, waren keine auffälligen Unterschiede in deren jeweiligen Attraktionswirkungen feststellbar (Abb. 11).

Bei den drei übrigen Prädatorenarten *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* führte das gleichzeitige Einsetzen mehrerer Testindividuen aus der Laborzucht ebenfalls nur zu einer geringen Anzahl Reaktionen auf die angebotenen Duftquellen (Tab. 5). Bei den Coccinelliden-Arten war jeweils die Anzahl Individuen, die innerhalb der 30-minütigen Versuchsdauer keine Reaktion zeigten, signifikant höher als die Zahl derjenigen, bei denen eine Reaktion auf eine der Duftquellen feststellbar war (Chi-Quadrat-Test $p \leq 0,05$). So zeigten beispielsweise 76 % der in den Gruppenversuchen getesteten Individuen von *A. bipunctata* keine Reaktionen. Auch die Adulten von *P. quatuordecimpunctata* reagierten während der Versuchsdauer zu einem hohen Prozentsatz (61 %) nicht auf die Duftquellen.

Die einzige Ausnahme waren die Testindividuen von *C. carnea*. Hier lag der Anteil der Individuen ohne Reaktion im Gruppenversuch nur bei 45 %. Entsprechend deutlicher war hier die jeweilige Attraktionswirkung der Duftquellen. So rief die Duftquelle „Ackerbohne“ bei 18 % der Individuen von *C. carnea* eine Reaktion hervor, während es bei *A. bipunctata* nur 4 % waren. Ebenso reagierten 17 % der *C. carnea*-Adulten auf die Probe „Ackerbohnenpflanze + Blattläuse“, aber nur 8 % der Adulten von *A. bipunctata*.

Tab. 5: Prozentuale Anzahl der Reaktionen adulter Individuen von drei Prädatorenarten (Laborzucht, jeweils $n = 100$) auf unterschiedliche Duftquellen in Gruppenversuchen [Versuchsdauer pro Gruppe max. 30 min, Hungerdauer 6 h]

| Duftquelle | Reaktionen der Prädatorenarten (%) | | |
|-------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| | <i>Adalia bipunctata</i> | <i>Propylea 14-punctata</i> | <i>Chrysoperla carnea</i> |
| Blattläuse | 8 a | 12 a | 12 a |
| Ackerbohne | 4 a | 10 a | 18 a |
| Ackerbohne + Blattläuse | 8 a | 11 a | 17 a |
| ohne Duftquelle | 4 a | 6 a | 8 a |
| ohne Reaktion | 76 b | 61 b | 45 a |

Werte in einer Spalte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test)

3.1.1.3 Optimale Einzelversuchsdauer

Die Untersuchungen zur optimalen Versuchsdauer pro Einzelindividuum ergaben für *C. septempunctata*, dass 14 % der Freiland- und 13 % der Zuchtindividuen nach fünf Minuten auf die angebotene Duftquelle reagiert hatten (Abb. 12). In den folgenden fünfminütigen Beobachtungsintervallen stiegen diese Werte kontinuierlich an und nach 30 Minuten zeigten 76 % (Freiland) bzw. 70 % (Laborzucht) der Individuen eine Reaktion auf die angebotene Duftquelle. In den folgenden 30 Minuten bis zum Erreichen einer 60-minütigen Gesamtbeobachtungszeit folgte nur noch eine langsame Zunahme des Anteils von Individuen mit positiven Reaktionen. Auch in dieser Versuchsreihe zeigte sich eine leicht höhere Aktivität der Freilandfänge, allerdings ohne signifikante Unterschiede zu den Zuchtindividuen (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$).

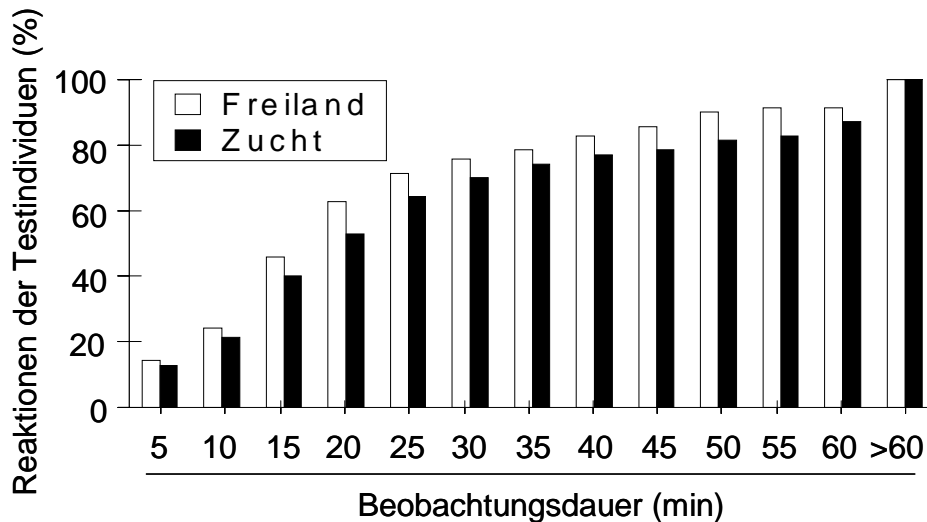


Abb. 12: Prozentuale Anzahl von *Coccinella septempunctata*-Adulten (Laborzucht und Freiland, jeweils $n = 70$) mit positiven Reaktionen auf die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ nach unterschiedlicher Beobachtungsdauer im Olfaktometer [Hungerdauer 6 h]

Für die drei übrigen Arten, jeweils mit Testindividuen aus der Laborzucht, konnten an Hand der Versuchsergebnisse ebenfalls Zeiten ermittelt werden, in denen eine größere Anzahl an Individuen auf die angebotene Duftquelle reagiert hatte (Abb. 13). So wurden bereits nach 20 Minuten über 55 % der Individuen von *A. bipunctata* in den Fanggefäßen festgestellt. Nach 30 Minuten erhöhte sich dieser Wert auf 67 %. In den nächsten sechs fünfminütigen Intervallen stieg die Zahl der Individuen mit positiver Reaktion auf 80 %, während 20 % auch nach einer über 60-minütigen Untersuchungszeit nicht reagiert hatten. Für *P. quatuordecimpunctata* lag dieser Wert bei etwa 25 % der Individuen. Diese Art zeigte zudem mit 58 % positiver Reaktionen nach 30

Minuten eine geringere Resonanz auf die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ als *A. bipunctata* mit 67 %.

Auch in dieser Versuchsreihe wich das Verhalten von *C. carnea* von dem der drei übrigen Prädatorenarten ab (Abb. 13). Von den getesteten *C. carnea*-Adulten zeigten 20 % bereits nach fünf Minuten eine Reaktion auf die Duftquelle. Der Wert erhöhte sich nach 15 Minuten auf fast 50 % und erreichte nach 30 Minuten 64 %. In den nächsten Intervallen bis zum Erreichen einer 60-minütigen Beobachtungsdauer stieg der Anteil positiver Reaktionen nur noch langsam.

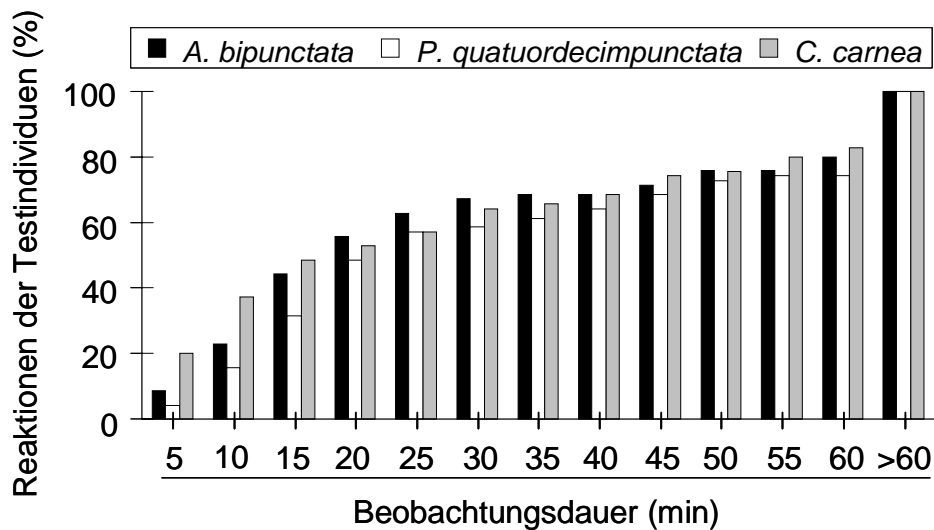


Abb. 13: Prozentuale Anzahl adulter Individuen von drei Prädatorenarten (Laborzucht, jeweils n = 70) mit positiven Reaktionen auf die Duftquelle „Ackerbohnen + Blattläuse“ nach unterschiedlich langer Beobachtungsdauer im Olfaktometer [Hungerdauer 3 h]

3.1.1.4 Optimale artspezifische Hungerdauer

Die Adulten von *C. septempunctata* zeigten mit jeweils 80 % der eingesetzten Zucht- und Freilandindividuen nach sechs Stunden ohne Nahrung die höchste Aktivität innerhalb der maximal 30-minütigen Versuchsdauer (Abb. 14). Für Individuen, die nicht gehungert hatten, lagen diese Werte mit 40 % (Laborzucht) bzw. 50 % (Freiland) deutlich niedriger. Gleiches galt für Individuen, die 15 Stunden ohne Nahrung blieben. Hier reagierten nur 20 % der Exemplare aus dem Freiland innerhalb von 30 Minuten auf die Duftquelle und bei den Zuchtindividuen war überhaupt keine Reaktion feststellbar. Bei einer Hungerdauer von einer Stunde bis sechs Stunden war ein kontinuierlicher Anstieg der positiven Reaktionen auf die Duftquelle zu beobachten. Der Prozentsatz fiel danach gleichmäßig ab. Die Unterschiede zwischen Zucht- und Freilandindividuen blieben gering, bei leicht höheren Werten für die Freilandfänge (Abb. 14).

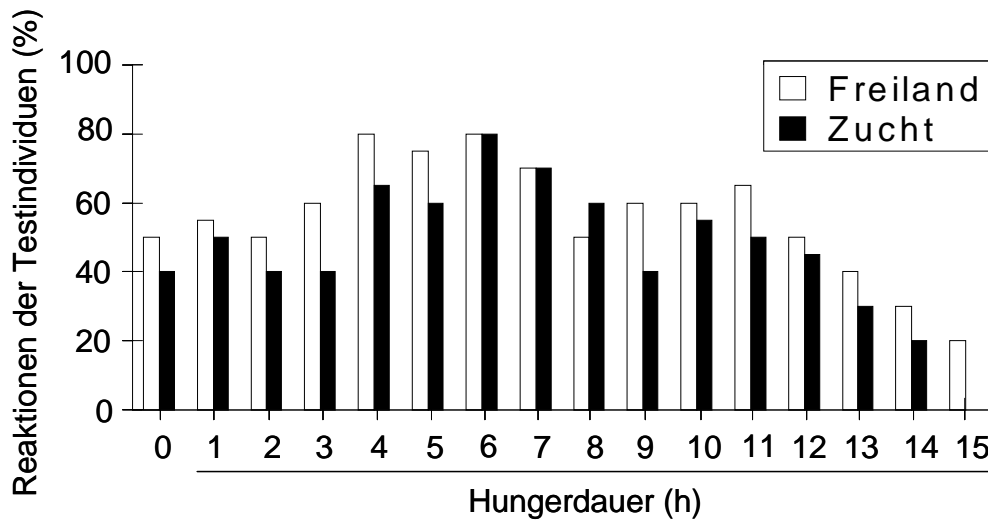


Abb. 14: Prozentuale Anzahl von *Coccinella septempunctata*-Adulten (Laborzucht und Freiland) mit positiven Reaktionen auf die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ nach unterschiedlicher Hungerdauer [pro Hungerdauer je 20 Individuen, max. Versuchsdauer 30 min]

Auch für die drei übrigen Prädatorenarten konnte jeweils eine optimale Hungerdauer ermittelt werden, d. h. Hungerperioden in deren Folge der höchste Prozentsatz positiver Reaktionen unter den eingesetzten Individuen auftrat (Abb. 15). Bei den beiden anderen Coccinelliden-Arten war die Tendenz ähnlich wie bei *C. septempunctata*, mit einem Anstieg von niedrigen Aktivitätswerten für Individuen ohne Hungerdauer bis zu den jeweiligen Höchstwerten für die einzelnen Arten. Für *A. bipunctata* und *P. quatuordecimpunctata* erfolgte dann ein kontinuierlicher Rückgang zu geringen Anteilen bei Individuen, die zwölf Stunden ohne Nahrung blieben. Für *A. bipunctata* wurde der Höchstwert mit einem Anteil positiver Reaktionen auf die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ von 75 % bereits nach zwei Stunden Hungerdauer erreicht, während der größte Individuenanteil (70 %) von *P. quatuordecimpunctata* erst nach vier Stunden ohne Nahrung reagierte.

Für *C. carnea* ergaben sich tendenziell andere Ergebnisse (Abb. 15). Der höchste Prozentsatz positiver Reaktionen zeigte sich bei Individuen, die nicht gehungert hatten (80 %) oder nur kurzfristig ohne Nahrung blieben (65 % bei einer einstündigen, 75 % bei einer zweistündigen Hungerdauer). Zudem nahm die Reaktionsfähigkeit nach längerer Hungerdauer zwar ebenfalls ab, jedoch weniger kontinuierlich und mit mehr Schwankungen als bei den Coccinelliden.

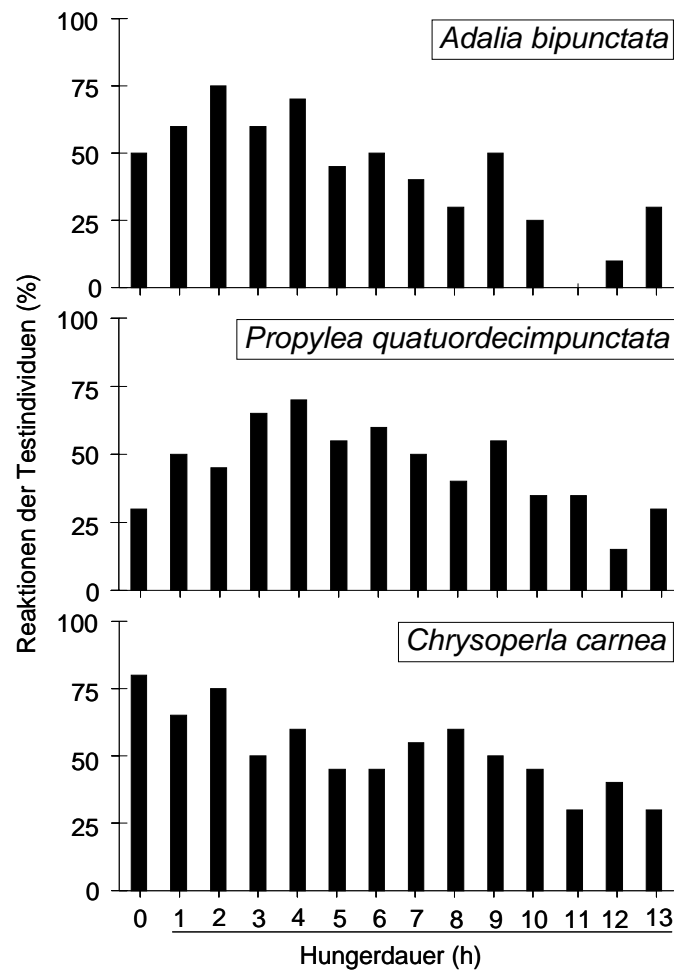


Abb. 15: Prozentuale Anzahl der adulten Individuen von drei Prädatorenarten (Laborzucht) mit positiven Reaktionen auf die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“ nach unterschiedlich langer Hungerdauer [pro Hungerdauer jeweils 20 Individuen, max. Versuchsdauer 30 min]

3.1.1.5 Geschlechtsspezifische Reaktionen

Weibliche und männliche Individuen von *C. septempunctata* unterschieden sich nicht wesentlich in ihren Reaktionen auf die angebotenen Duftquellen (Abb. 16). Eine generell höhere Attraktionswirkung auf eines der beiden Geschlechter konnte nicht ermittelt werden. Somit gab es keine signifikanten Unterschiede in den Reaktionen auf die Duftquellen (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$). Männliche Individuen reagierten zu 22 % auf die von den Ackerbohnen emittierten Duftstoffe, während es bei den Weibchen 16 % waren. Andererseits lag der Weibchenanteil bei den Testindividuen ohne Reaktion (12 %) leicht höher als jener der Männchen (8 %). Beide Geschlechter bevorzugten die Probe „Ackerbohne + Blattläuse“ mit 28 % positiver Reaktionen der männlichen und 34 % der weiblichen Individuen sowie die Probe „Blattläuse“ (Weibchen 28 %, Männchen 24 %).

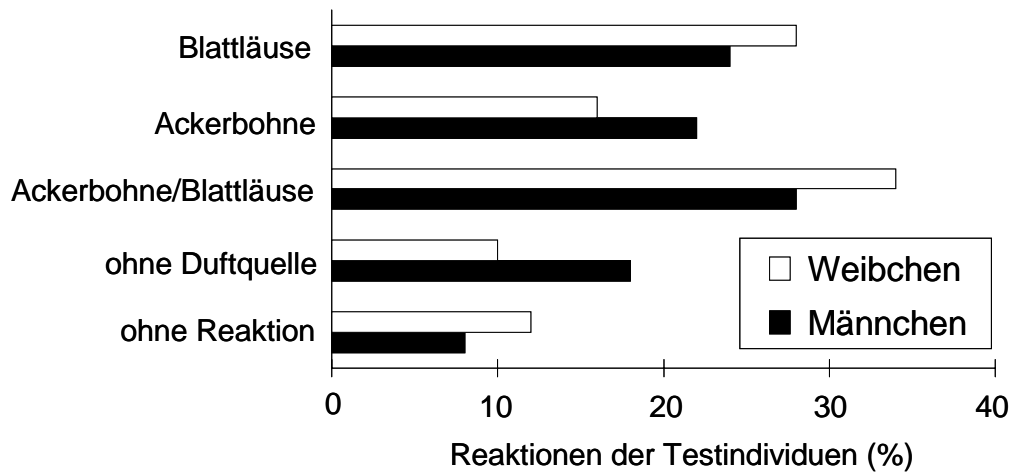


Abb. 16: Prozentuale Anzahl der Reaktionen männlicher und weiblicher Individuen von *Coccinella septempunctata* (Laborzucht, jeweils n = 50) auf verschiedene Duftquellen im Olfaktometer [Hungerdauer 6 h, max. Versuchsdauer 30 min]

Im Gegensatz zu *C. septempunctata* unterschieden sich die Reaktionen der weiblichen und männlichen Testindividuen bei den übrigen Arten etwas deutlicher voneinander (Tab. 6), auch wenn in keinem Fall eine statistische Signifikanz vorlag (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$).

Tab. 6: Prozentuale Anzahl der Reaktionen männlicher und weiblicher Individuen von drei Prädatorenarten (Laborzucht, pro Art und Geschlecht jeweils n = 50) auf verschiedene Duftquellen im Olfaktometer [Hungerdauer 6 h, max. Versuchsdauer 30 min]

| Duftquelle | Reaktionen der Prädatorenarten (%) | | |
|-------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | <i>Adalia bipunctata</i> | <i>Propylea 14-punctata</i> | <i>Chrysoperla carnea</i> |
| | ♂ : ♀ | ♂ : ♀ | ♂ : ♀ |
| Blattläuse | 24 : 30 | 28 : 32 | 18 : 26 |
| Ackerbohne | 18 : 16 | 14 : 14 | 20 : 14 |
| Ackerbohne + Blattläuse | 28 : 34 | 24 : 32 | 22 : 30 |
| ohne Duftquelle | 12 : 8 | 12 : 8 | 10 : 8 |
| ohne Reaktion | 18 : 12 | 22 : 14 | 30 : 22 |
| Gesamt | 100 : 100 | 100 : 100 | 100 : 100 |

Von den weiblichen Individuen von *A. bipunctata* zeigten 12 % innerhalb der Versuchsdauer keine Reaktionen auf die angebotenen Duftquellen, während es bei den männlichen Individuen 18 % waren (Tab. 6). Deutlicher wurde diese Differenz bei *P. quatuordecimpunctata*, mit 22 % der Männchen, aber nur 14 % der Weibchen, die in der Arena verblieben. Umgekehrt erhöhte sich für diese Art die prozentuale Anzahl der weiblichen gegenüber den männlichen Individuen, die auf die Proben „Blattläuse“ und „Ackerbohne + Blattläuse“ reagierten. Von den weiblichen *P. quatuordecimpunctata* konnten 32 % der Probe „Ackerbohne + Blattläuse“ zugeordnet werden, aber nur 24 % der Männchen (Tab. 6).

Für *C. carnea* wurde ein größerer Anteil Männchen (30 %) gegenüber den Weibchen (22 %) festgestellt, die auf keine der Duftquellen reagiert hatten (Tab. 6). Andererseits ergaben sich für diese Art mit 26 % bei den weiblichen gegenüber 18 % bei den männlichen Individuen auffälligere Unterschiede in den positiven Reaktionen auf die Probe „Blattläuse“.

3.1.1.6 Altersspezifische Reaktionen

Adulte *C. septempunctata* verschiedener Altersstadien zeigten in ihren Reaktionen auf die angebotenen Duftquellen keine auffallenden Differenzen (Abb. 17). Zwar waren bezogen auf einzelne Duftquellen leichte Unterschiede zu beobachten, eine signifikante Differenz konnte aber in keinem Fall festgestellt werden (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$).

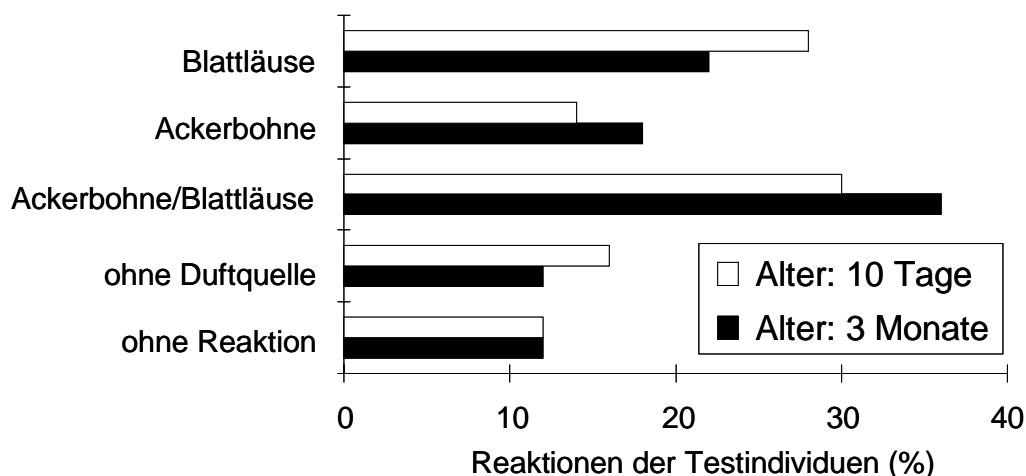


Abb. 17: Prozentuale Anzahl der Reaktionen unterschiedlicher Altersstadien von *Coccinella septempunctata* (Laborzucht, jeweils $n = 50$) auf verschiedene Duftquellen im Olfaktometer [Hungerdauer 6 h, max. Versuchsdauer 30 min]

In diesen Versuchen zeigte sich, dass die von den Proben „Ackerbohne + Blattläuse“ und „Blattläuse“ emittierten Duftstoffe in beiden Altersgruppen die meisten positiven Reaktionen bewirkten. Beispielsweise reagierten 36 % der drei Monate alten und 30 % der zehn Tage alten Individuen von *C. septempunctata* auf die Duftquelle „Ackerbohne + Blattläuse“, während der Anteil an Individuen, die auf keine der Duftquellen reagiert hatten, bei jeweils 12 % lag (Abb. 17).

Bei den übrigen drei Arten ergaben sich in den Reaktionen von Individuen verschiedenen Alters für keine der angebotenen Duftquellen signifikante Unterschiede (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$) (Tab. 7). Während allerdings von den älteren Individuen von *A. bipunctata* innerhalb der Versuchsdauer 34 % nicht reagierten und damit eine geringere Aktivität als die jüngeren Exemplare aufwiesen (22 %), lagen diese Werte bei den älteren Testindividuen der Art *P. quatuordecimpunctata* (12 %) und *C. carnea* (26 %) unter denen der jeweils jüngeren Exemplare beider Arten (18 % bzw. 36 %).

Tab. 7: Prozentuale Anzahl der Reaktionen adulter Individuen von drei Prädatorenarten im Alter von zehn Tagen (d) und drei Monaten (m) (Laborzucht, pro Altersstadium jeweils $n = 50$) auf verschiedene Duftquellen im Olfaktometer [Hungerdauer 6 h, max. Versuchsdauer 30 min]

| Duftquelle | Reaktionen der Prädatorenarten (%) | | |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | <i>Adalia</i> | <i>Propylea</i> | <i>Chrysoperla</i> |
| | <i>bipunctata</i> 10 d : 3 m | <i>14-punctata</i> 10 d : 3 m | <i>carnea</i> 10 d : 3 m |
| Blattläuse | 24 : 18 | 20 : 26 | 12 : 16 |
| Ackerbohne | 12 : 10 | 16 : 18 | 20 : 24 |
| Ackerbohne + Blattläuse | 32 : 24 | 30 : 24 | 22 : 26 |
| ohne Duftquelle | 10 : 14 | 16 : 20 | 10 : 8 |
| ohne Reaktion | 22 : 34 | 18 : 12 | 36 : 26 |
| Gesamt | 100 : 100 | 100 : 100 | 100 : 100 |

3.1.1.7 Zusammenfassung der Vorversuchsergebnisse

Anhand der in den Vorversuchen ermittelten Ergebnisse zu den Reaktionen der Testindividuen verschiedener Prädatorenarten auf unterschiedliche Duftquellen konnte das modifizierte Olfaktometer optimiert werden. Weiterhin erwies es sich als generell geeignet zur Ermittlung der Wirkung olfaktorischer Reize pflanzlichen Ursprungs auf Prädatoren und konnte für dieses wesentliche Untersuchungsziel der vorliegenden Arbeit vorbereitet werden. Daneben wurden einige für die optimierte Versuchsdurchführung notwendige Parameter ermittelt (Tab. 8).

Tab. 8: Parameter für die Untersuchungen mit dem Olfaktometer zur Attraktivität von Pflanzen

| Parameter | Prädatorenart | | | |
|---|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | <i>Adalia bipunctata</i> | <i>Propylea 14-punctata</i> | <i>Chrysoperla carnea</i> |
| Olfaktometer als Messgerät geeignet | ja | ja | ja | ja |
| Gruppenversuche geeignet | nein | nein | nein | nein |
| artspezifische Dauer der Einzelversuche | 30 min (15 min) | 30 min (15 min) | 30 min (15 min) | 30 min (15 min) |
| artspezifische Hungerdauer | 6 h | 3 h | 4 h | 0-1 h |
| Geschlecht der Testindividuen | unerheblich | unerheblich | unerheblich | unerheblich |
| Alter der Testindividuen | unerheblich | unerheblich | unerheblich | unerheblich |

Änderungen gegenüber den Ergebnissen der Vorversuche ergaben sich in den folgenden Untersuchungen hinsichtlich der maximalen Dauer eines Einzelversuches. Entgegen den in den entsprechenden Versuchen ermittelten Zeiten wurde in den Untersuchungen mit Pflanzen als Duftquellen für alle Prädatoren eine maximale Dauer von 15 Minuten festgesetzt. Dies erwies sich aus zeitlichen Gründen als notwendig, um die Anzahl der im Olfaktometer überprüften Testindividuen erhöhen zu können.

3.1.2 Olfaktorische Wirkung von Pflanzen auf Prädatoren

Den Schwerpunkt der Untersuchungen mit dem vierarmigen Olfaktometer bildeten Versuche mit verschiedenen Pflanzenarten als Duftquelle, wobei die Pflanzen einzeln gegen drei mit Erde gefüllte Pflanztöpfe als Kontrolle getestet wurden. Die dabei ermittelten Attraktionswirkungen der einzelnen Pflanzenarten sind in Tab. 9 zusammengestellt und die Deutlichkeiten der jeweiligen Attraktivität gegenüber den Kontrollproben gekennzeichnet. Die Stärke der Attraktionswirkung stellte somit ein Maß für die im vierarmigen Olfaktometer ermittelte olfaktorische Wirkung einer Pflanzenart auf die vier getesteten Prädatorenarten dar.

Tab. 9: Attraktionswirkung der im Olfaktometer getesteten Pflanzenarten und Pflanzenmischungen auf adulte Individuen von vier Prädatorenarten aus Laborzucht (LZ) und Freiland (FL); nicht getestete Pflanzen sind durch n.g. gekennzeichnet; +++ = hohe Wirkung (positive Reaktionen auf die Duftquellen > 30 %), ++ = mittlere Wirkung (21-30 %), + = leichte Wirkung (11-20 %), 0 = keine Wirkung (0-10 %), jeweils im Vergleich zu den Kontrollproben

| Pflanzenart | Prädatorenart | | | | | | | |
|--|----------------------------------|------|--------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | <i>Adalia bipunctata</i> | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | <i>Chrysoperla carnea</i> | |
| | LZ | FL | LZ | FL | LZ | FL | LZ | FL |
| Wildpflanzen | | | | | | | | |
| <i>Papaver rhoeas</i> L. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Urtica urens</i> L. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Urtica dioica</i> L. | ++ | +++ | +++ | ++ | ++ | +++ | ++ | +++ |
| <i>Amaranthus retroflexus</i> L. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Rumex acetosella</i> L. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Viola arvensis</i> Murray | + | + | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Alliaria petiolata</i> Cavara et Grande | 0 | n.g. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Barbarea vulgaris</i> R. Br. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Thlaspi arvense</i> L. | + | n.g. | 0 | n.g. | + | n.g. | + | n.g. |
| <i>Malva sylvestris</i> L. | 0 | n.g. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm. | 0 | 0 | + | n.g. | + | n.g. | + | n.g. |
| <i>Pastinaca sativa</i> L. | + | ++ | ++ | +++ | + | n.g. | + | n.g. |
| <i>Daucus carota</i> L. | ++ | n.g. | ++ | n.g. | ++ | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Sambucus nigra</i> L. | 0 | 0 | ++ | +++ | 0 | n.g. | 0 | n.g. |
| <i>Symphytum officinale</i> L. | ++ | n.g. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Lamium purpureum</i> L. | 0 | 0 | 0 | + | 0 | n.g. | 0 | n.g. |
| <i>Salvia pratensis</i> L. | ++ | n.g. | ++ | n.g. | + | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Campanula rapunculoides</i> L. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Achillea millefolium</i> L. | ++ | n.g. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Matricaria chamomilla</i> L. | + | ++ | + | ++ | + | ++ | ++ | ++ |
| <i>Chrysanthemum leucanthemum</i> L. | + | ++ | ++ | n.g. | ++ | + | ++ | + |
| <i>Tanacetum vulgare</i> L. | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ |
| <i>Artemisia vulgaris</i> L. | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | +++ | ++ | ++ |
| <i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop. | + | + | + | n.g. | + | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Centaurea cyanus</i> L. | 0 | 0 | 0 | 0 | n.g. | | 0 | + |

Tab. 9: Fortsetzung der Liste mit den Attraktionswirkungen verschiedener Pflanzenarten und Pflanzenmischungen auf vier Prädatorenarten

| Pflanzenart | Prädatorenart | | | | | | | |
|--|----------------------------------|------|--------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | <i>Adalia bipunctata</i> | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | <i>Chrysoperla carnea</i> | |
| | LZ | FL | LZ | FL | LZ | FL | LZ | FL |
| <u>Nutzpflanzen</u> | | | | | | | | |
| <i>Cucumis sativus</i> L. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Diplotaxis tenuifolia</i> (L.) DC | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Raphanus sativus</i> var. <i>sativus</i> L. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Linum usitatissimum</i> L. | + | + | 0 | 0 | 0 | n.g. | + | n.g. |
| <i>Petroselinum crispum</i> (Mil.) Hill | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Carum carvi</i> L. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Pimpinella anisum</i> L. | + | n.g. | n.g. | | + | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Anethum graveolens</i> L. | 0 | n.g. | + | n.g. | 0 | n.g. | 0 | n.g. |
| <i>Daucus sativus</i> Hoffm. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Valeriana officinalis</i> L. | 0 | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Borago officinalis</i> L. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Melissa officinalis</i> L. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Mentha piperita</i> L. | + | n.g. | + | n.g. | ++ | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. | ++ | n.g. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Ocimum basilicum</i> L. | ++ | n.g. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Artemisia absinthium</i> L. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <u>Zierpflanzen</u> | | | | | | | | |
| <i>Aconitum napellus</i> L. | 0 | n.g. | n.g. | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Gomphrena globosa</i> L. | 0 | n.g. | + | n.g. | + | n.g. | + | n.g. |
| <i>Viola</i> sp. | 0 | 0 | 0 | 0 | n.g. | | n.g. | |
| <i>Malva</i> sp. | ++ | n.g. | +++ | n.g. | ++ | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Lathyrus odoratus</i> L. | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ |
| <i>Tropaeolum majus</i> L. | +++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ | ++ |
| <i>Convolvulus</i> sp. | 0 | + | + | n.g. | + | n.g. | + | n.g. |
| <i>Nicotiana</i> sp. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Antirrhinum majus</i> L. | ++ | ++ | + | ++ | ++ | +++ | ++ | + |
| <i>Verbena peruviana</i> (L.) Britt. | 0 | n.g. | 0 | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Salvia faranicea</i> Benth. | ++ | + | + | ++ | n.g. | | n.g. | |
| <i>Rudbeckia hirta</i> L. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Helianthus annuus</i> L. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Tagetes patula</i> L. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Achillea</i> sp. | ++ | ++ | ++ | n.g. | + | n.g. | ++ | n.g. |
| <i>Chrysanthemum</i> sp. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Centaurea moschata</i> L. | + | n.g. | ++ | n.g. | ++ | n.g. | ++ | n.g. |
| <u>Gründungspflanzen</u> | | | | | | | | |
| <i>Fagopyrum esculentum</i> Moench | +++ | +++ | ++ | +++ | ++ | ++ | +++ | +++ |
| <i>Brassica n. napus</i> L. | ++ | n.g. | + | n.g. | 0 | n.g. | + | n.g. |
| <i>Sinapis arvensis</i> L. | + | + | 0 | + | 0 | + | + | + |
| <i>Lupinus polyphyllus</i> Lindl. | +++ | n.g. | ++ | n.g. | n.g. | | n.g. | |
| <i>Lupinus luteus</i> L. | ++ | ++ | ++ | ++ | + | ++ | ++ | ++ |
| <i>Medicago sativa</i> L. | +++ | +++ | +++ | +++ | ++ | +++ | +++ | +++ |
| <i>Trifolium incarnatum</i> L. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Ornithopus sativus</i> Brot. | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |
| <i>Phacelia tanacetifolia</i> Benth | ++ | +++ | + | +++ | ++ | ++ | ++ | ++ |

Tab. 9: Fortsetzung der Liste mit den Attraktionswirkungen verschiedener Pflanzenarten und Pflanzenmischungen auf vier Prädatorenarten

| Pflanzenart | Prädatorenart | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|------|--------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | <i>Adalia bipunctata</i> | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | <i>Chrysoperla carnea</i> | |
| | LZ | FL | LZ | FL | LZ | FL | LZ | FL |
| <u>Pflanzenmischungen</u> | | | | | | | | |
| Bienenweide | ++ | n.g. | +++ | n.g. | ++ | n.g. | + | n.g. |
| Nützlingswiese | ++ | +++ | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| Schmetterlingswiese | + | n.g. | n.g. | | n.g. | | n.g. | |

In allen untersuchten Pflanzengruppen konnten Arten mit starker und schwacher Attraktionswirkung auf die getesteten Prädatorenarten festgestellt werden, wobei insbesondere unter den Wild- und den Gründungspflanzen höhere Attraktivitäten gegenüber den Kontrollproben ermittelt wurden. Grundsätzlich konnte zudem festgehalten werden, dass die Unterschiede zwischen Individuen aus den Laborzuchten und denen aus dem Freiland nicht sehr groß waren, d. h. eine Pflanzenart, die bei Zuchtindividuen einer Prädatorenart vermehrt Reaktionen hervorrief, bewirkte einen ähnlichen Effekt auch bei den Individuen aus dem Freiland. Auch zwischen den vier Prädatorenarten waren die Unterschiede in der Regel nicht sehr hoch und eine Pflanze, die auf eine der Arten eine hohe oder niedrige Attraktivität ausübte, rief bei den übrigen Prädatoren tendenziell ähnliche Reaktionen hervor. In allen Pflanzenfamilien gab es Arten mit hoher bzw. niedriger Attraktionswirkung. So konnte beispielsweise unter den Apiaceen eine hohe Attraktivität bei *D. carota* (Wilde Möhre) beobachtet werden, während eine niedrige Attraktivität bei *A. sylvestris* (Wiesenkerbel) festgestellt wurde. Auch unter Pflanzenarten einer Gattung gab es solche, die stärkere Reaktionen hervorriefen, wie beispielsweise *C. moschata* (Zierflockenblume), und solche, die die Testindividuen kaum zu Reaktionen veranlassten, wie *C. cyanus* (Kornblume).

Unter den im Olfaktometer getesteten Wildpflanzen erwiesen sich insbesondere *U. dioica* (Brennnessel), *A. vulgaris* (Beifuß) und *T. vulgare* (Rainfarn) als besonders attraktiv für alle vier Prädatorenarten. Geringe Attraktionswirkungen konnten beispielsweise bei *A. petiolata* (Knoblauchsrauke), *L. purpureum* (Rote Taubnessel) oder *C. cyanus* festgestellt werden. Die Nutzpflanzen riefen tendenziell nicht so deutliche Reaktionen hervor, während unter den Zierpflanzen wieder Arten wie *L. odoratus* (Gartenwicke) oder *T. majus* (Kapuzinerkresse) ermittelt wurden, die auf alle Prädatorenarten hohe Attraktivitäten gegenüber den Kontrollproben ausübten. Unter den getesteten Gründungspflanzen konnten mehrere mit mittlerer bzw. hoher Attraktionswirkung festgestellt werden, darunter vor allem *F. esculentum* (Buchweizen), *M. sativa* (Luzerne) und *P. tanacetifolia* (Phacelie). Die drei Pflanzenmischungen übten gegenüber den Kontrollproben ebenfalls leicht erhöhte Attraktivitäten auf die Testindividuen aus.

3.1.2.1 Wildpflanzen

Die Versuche zu den olfaktorischen Attraktionswirkungen verschiedener Wildpflanzen ergaben für die einzelnen Arten deutliche Unterschiede (Abb. 18). Beispielsweise reagierten 30 % der Zucht- bzw. 34 % der Freilandindividuen von *C. septempunctata* auf *U. dioica* als Duftquelle, während es bei *A. sylvestris* 6 % oder *L. purpureum* jeweils 6 % (Zucht) bzw. 8 % (Freiland) waren. Die für *C. leucanthemum* (Margerite) ermittelten Werte lagen mit 20 % bzw. 24 % in der Mitte dieses Bereiches.

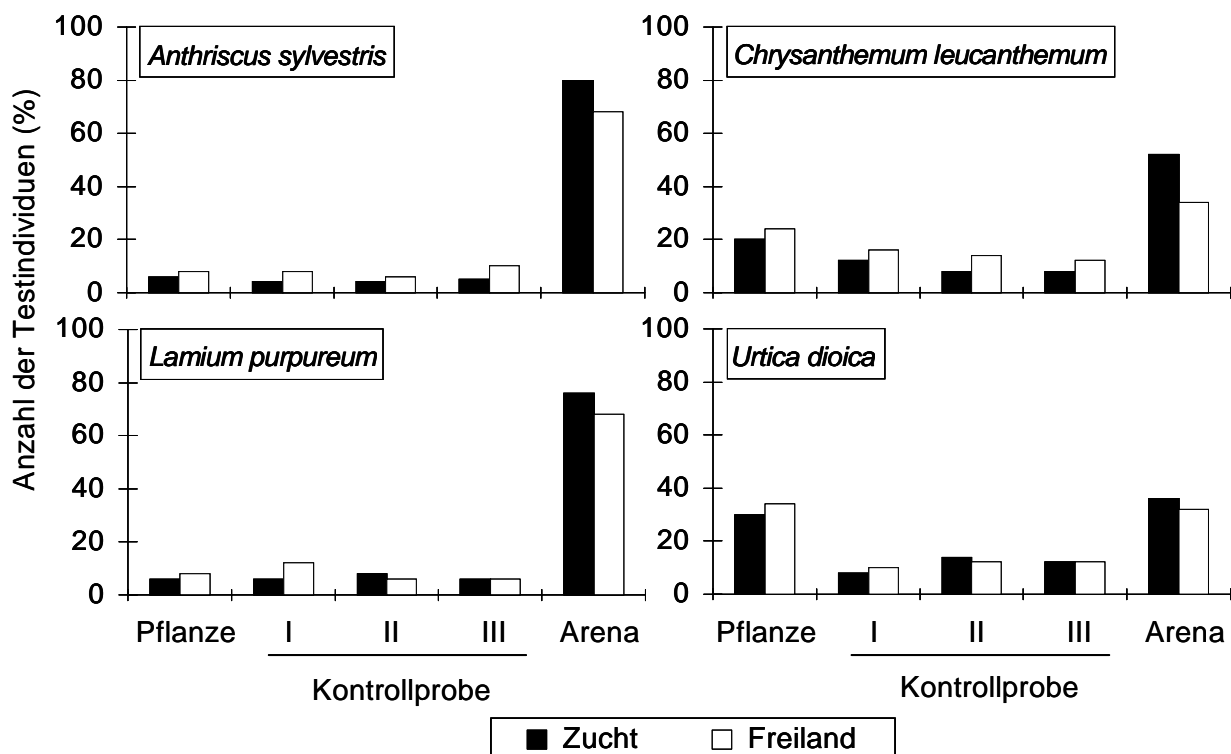


Abb. 18: Prozentuale Anteile der positiven Reaktionen von *Coccinella septempunctata*-Adulten (Laborzucht und Freiland, jeweils n = 50) auf vier verschiedene Wildpflanzen als Duftquellen im Olfaktometer

Bei allen vier Pflanzenarten als Duftquellen konnte eine leicht höhere Aktivität der Freiland- gegenüber den Zuchtindividuen beobachtet werden (Abb. 18). Die Zahlen der Prädatoren, die sich nach 15 Minuten noch in der Arena befanden und keine Reaktion auf die jeweilige Pflanzenart zeigten, hatten eine umgekehrte Tendenz. So verblieben von den Zuchtindividuen 80 % bei *A. sylvestris* und 76 % bei *L. purpureum* als Duftquellen in der Arena, bei den Freilandfängen waren es jeweils noch 68 %. Für *C. leucanthemum* betrugen diese Werte hingegen 52 % bzw. 34 % und für *U. dioica* nur 36 % und 32 %.

Bei der Beobachtung der Verteilung der Testindividuen auf die drei Kontrollen mit Pflanzenerde konnte für *C. septempunctata* (Laborzucht) im Versuch mit *U. dioica* als Duftquelle mit 8 %, 14 % bzw. 12 % eine gleichmäßige Verteilung der Individuen, die den drei Kontrollproben zugeordnet wurden (insgesamt 34 %) beobachtet werden. 30 % reagierten auf *U. dioica* als Duftquelle (Abb. 18). Jede einzelne Kontrollprobe rief bei Zucht- und Freilandindividuen eine geringere Reaktion als die Pflanze hervor. Anders war diese Verteilung beispielsweise bei *A. sylvestris*. Hier bewirkte die Pflanze als Duftquelle mit 6 % keine oder eine nur geringfügig höhere Attraktionswirkung als die drei Kontrollproben mit 4 %, 4 % und 6 %.

Die Zunahme der positiven Reaktionen auf die Kairomone einer Pflanze korrelierte zudem mit der Abnahme des Anteils an Individuen, die während des Versuchs keine gerichteten Reaktionen zeigten und in der Arena blieben (Abb. 19).

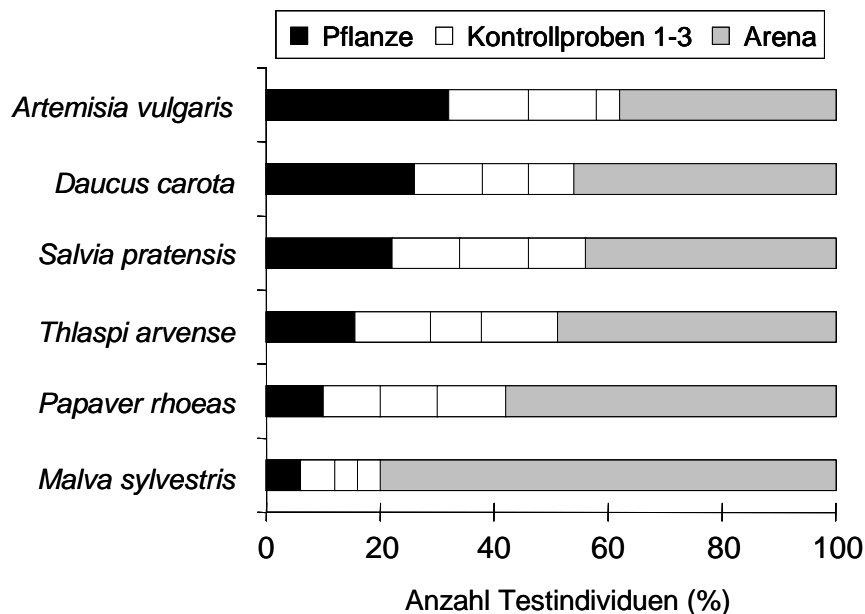


Abb. 19: Prozentuale Verteilung der Reaktionen von *Coccinella septempunctata*-Adulten (Laborzucht, jeweils n = 50) auf sechs verschiedene Wildpflanzen und die Kontrollproben als Duftquellen im Olfaktometer

Beispielsweise reagierten 32 % der adulten *C. septempunctata* auf *A. vulgaris* als Duftquelle, während es bei *M. sylvestris* (Wilde Malve) nur 6 % waren (Abb. 19). Andererseits betrug die Zahl der Individuen, die nicht reagierten, 38 % (*A. vulgaris*) bzw. 80 % (*M. sylvestris*). Gleichzeitig belief sich der Gesamtanteil der Testindividuen, die den drei Kontrollproben zugeordnet wurden, noch auf 30 % (*A. vulgaris*) bzw. 14 % (*M. sylvestris*).

Die drei übrigen Prädatorenarten zeigten tendenziell ähnliche Reaktionen auf die verschiedenen Pflanzenarten (Abb. 20). Während z. B. *A. sylvestris* bei 12 % (*P. quatuodecimpunctata*) bis

16 % (*C. carnea*) der Testindividuen eine positive Antwort hervorrief, ergaben sich für *A. vulgaris* als Duftquelle bei allen Prädatorenarten deutlich höhere Werte. Jede der Pflanzenarten, die auf eine der getesteten Prädatorenarten eine hohe Attraktivität ausübte, bewirkte auch bei den übrigen Arten eine tendenziell höhere Zahl an positiven Reaktionen.

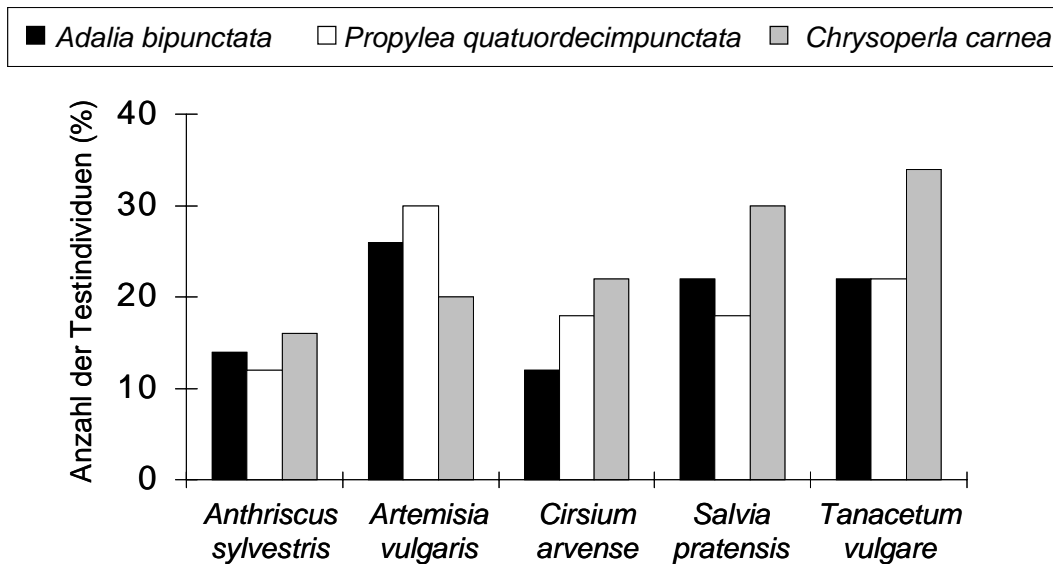


Abb. 20: Prozentuale Anzahl der Reaktionen adulter Individuen von drei Prädatorenarten (Laborzucht, jeweils n = 50) auf die von fünf Wildpflanzenarten emittierten Duftstoffe im Olfaktometer

Eine Zusammenstellung über die Reaktionen der Zuchtindividuen auf die getesteten Wildpflanzen gibt Tab. 10. Die ermittelten Prozentwerte der positiven Reaktionen sowie die statistischen Signifikanzen beziehen sich hierbei auf den Vergleich der Attraktivität der Pflanzenduftstoffe gegenüber denjenigen der Kontrollen. Die Ergebnisse zeigten, dass die einzelnen Pflanzenarten divergierende Attraktionswirkungen auf die Prädatoren ausübten.

So bewirkte *A. vulgaris* bei allen Coccinelliden-Arten (*C. septempuncta* 32 %, $p = 0,006$; *A. bipunctata* 26 %, $p = 0,02$; *P. quatuordecimpunctata* 30 %, $p = 0,004$) eine jeweils gegenüber den Kontrollproben signifikant höhere Aktivität (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$), nicht aber bei *C. carnea* (20 %, $p = 0,113$). Ähnlich hohe Werte ergaben sich auch für *U. dioica* oder *D. carota*. *U. dioica* war bei allen vier Prädatorenarten gegenüber den Kontrollproben signifikant attraktiver (*C. septempuncta*, 30 %, $p = 0,004$; *A. bipunctata*, 30 %, $p = 0,004$; *P. quatuordecimpunctata*, 28 %, $p = 0,002$; *C. carnea*, 30 %, $p = 0,002$). Eine ebenfalls bei allen vier Arten feststellbare signifikant höhere Wirkung konnte für *T. vulgare* festgestellt werden (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$). Einen ähnlichen Effekt übte *D. carota* auf drei der getesteten Arthropodenarten aus.

Tab. 10: Prozentualer Anteil positiver Reaktionen adulter Testindividuen von vier Prädatorenarten (Laborzucht, pro Pflanzenart von jeder Prädatorenart jeweils n = 50 getestet) auf Wildpflanzen als Duftquellen im Olfaktometer mit Index-Berechnung (In.)

| Wildpflanze | Prädatorenart | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>P. rhoeas</i> | 10 | 0,899 | 60 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>U. urens</i> | 30 | *0,002 | 180 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>U. dioica</i> | 30 | *0,004 | 180 | 30 | *0,004 | 161 | 28 | *0,002 | 154 | 30 | *0,002 | 149 |
| <i>A. retroflexus</i> | 8 | 0,785 | 48 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>R. acetosella</i> | 20 | 0,083 | 120 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>V. arvensis</i> | 18 | 0,116 | 108 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>A. petiolata</i> | 8 | 0,384 | 48 | 10 | 0,674 | 54 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>B. vulgaris</i> | 16 | 0,121 | 96 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>T. arvense</i> | 14 | 0,547 | 84 | 4 | 1 | 26 | 12 | 0,180 | 66 | 12 | 0,123 | 60 |
| <i>M. sylvestris</i> | 6 | 0,715 | 36 | 24 | *0,003 | 129 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>A. sylvestris</i> | 6 | 0,862 | 36 | 14 | 0,053 | 75 | 12 | 0,248 | 66 | 16 | 0,121 | 80 |
| <i>P. sativa</i> | 20 | 0,113 | 120 | 28 | *0,007 | 151 | 18 | 0,118 | 99 | 18 | 0,157 | 90 |
| <i>D. carota</i> | 26 | *0,005 | 156 | 22 | *0,004 | 118 | 24 | 0,058 | 132 | 30 | *0,003 | 149 |
| <i>S. nigra</i> | 8 | 0,881 | 48 | 30 | *0,008 | 161 | 6 | 0,862 | 33 | 6 | 0,715 | 30 |
| <i>S. officinale</i> | 24 | 0,078 | 144 | 18 | 0,059 | 97 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>L. purpureum</i> | 6 | 0,873 | 36 | 6 | 0,758 | 32 | 8 | 0,758 | 44 | 10 | 0,895 | 48 |
| <i>S. pratensis</i> | 22 | 0,081 | 132 | 22 | *0,011 | 118 | 18 | 0,317 | 99 | 30 | *0,004 | 149 |
| <i>C. rapunculoides</i> | 8 | 0,881 | 48 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>A. millefolium</i> | 22 | 0,102 | 132 | 24 | *0,042 | 129 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>M. chamomilla</i> | 20 | 0,149 | 120 | 18 | 0,188 | 97 | 16 | 0,085 | 88 | 24 | *0,003 | 119 |
| <i>C. leucanthemum</i> | 20 | 0,059 | 120 | 18 | 0,084 | 97 | 24 | *0,008 | 132 | 22 | 0,081 | 109 |
| <i>T. vulgare</i> | 26 | *0,002 | 156 | 22 | *0,019 | 118 | 22 | *0,007 | 121 | 34 | *0,001 | 169 |
| <i>A. vulgaris</i> | 32 | *0,006 | 192 | 26 | *0,020 | 140 | 30 | *0,004 | 165 | 20 | 0,113 | 100 |
| <i>C. arvense</i> | 12 | 0,606 | 72 | 12 | 0,024 | 65 | 18 | 0,118 | 99 | 22 | 0,140 | 109 |
| <i>C. cyanus</i> | 6 | 0,414 | 36 | 6 | 0,715 | 32 | | n.g. | | 8 | 0,505 | 40 |
| Mittelwert | 16,7 = 100 (In.) | | | 18,6 = 100 (In.) | | | 18,2 = 100 (In.) | | | 20,1 = 100 (In.) | | |

Die Markierung * bedeutet eine gegenüber den einzelnen Kontrollproben signifikant höhere olfaktorische Attraktivität einer Pflanzenart auf die Testindividuen bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test); n.g. = Pflanzenart nicht getestet

Andererseits gab es Pflanzenarten, die bei keinem der Prädatoren eine hohe Aktivität bewirkten. Zu diesen Arten gehörten unter anderem *A. sylvestris*, *L. purpureum*, *T. arvense* (Ackerhellerkraut) oder *L. purpureum* (Tab. 10). Eine auffällige Ausnahme von den tendenziell bei allen vier Prädatorenarten ähnlichen Attraktionswirkungen war u. a. *S. nigra* (Schwarzer Holunder), eine Art, die bei *A. bipunctata* mit 30 % gegenüber den Kontrollen signifikant mehr Reaktionen ($p = 0,008$) hervorrief, auf die übrigen Prädatorenarten aber nur eine geringe Wirkung hatte.

Die Möglichkeiten der einzelnen Pflanzenarten divergierende Reaktionen bei den Prädatoren hervorzurufen, konnten zudem durch die Verwendung einer Index-Einteilung (Tab. 10) verdeutlicht werden. Hierzu wurde für jede Prädatorenart der Gesamtmittelwert aller für die einzelnen Pflanzenarten ermittelten positiven Reaktionen gleich 100 gesetzt. Dieser Wert betrug beispielsweise für *C. septempunctata* 16,7. Die Abweichung der für jede einzelne Pflanzenart ermittelten Reaktionen von diesem Wert wurde errechnet. Dies ermöglichte einen besseren Vergleich der von den verschiedenen Pflanzenarten auf die vier Prädatorenarten ausgehenden olfaktorischen Attraktionswirkungen. Für *C. septempunctata* ergab sich beispielsweise mit *A. vulgaris* als Duftquelle ein Wert von $\text{In.} = 192$. Im vorliegenden Fall war damit eine hohe Attraktionswirkung dieser Pflanzenart gegeben. Für *A. sylvestris* oder *L. purpureum* konnten hingegen nur Werte von jeweils $\text{In.} = 36$ und damit entsprechend niedrige Attraktionswirkungen auf *C. septempunctata* ermittelt werden. Bei *A. bipunctata* lagen die errechneten Werte zwischen $\text{In.} = 26$ (*T. arvense*) und $\text{In.} = 161$ (*U. dioica*), bei *P. quatuordecimpunctata* zwischen $\text{In.} = 33$ (*S. nigra*) und $\text{In.} = 165$ (*A. vulgaris*) und bei *C. carnea* schließlich zwischen $\text{In.} = 30$ (*S. nigra*) und $\text{In.} = 169$ (*T. vulgare*).

Bei den Freilandindividuen traten ebenfalls Unterschiede hinsichtlich der von den Wildpflanzen ausgehenden Attraktionswirkung auf (Tab. 11), wobei diese Differenzen denen der Zuchtindividuen ähnelten. Wildpflanzen wie *A. vulgaris*, *T. vulgare*, *U. dioica* oder *M. chamomilla* (Echte Kamille) waren hier ebenfalls attraktiver als Arten wie *A. sylvestris* oder *C. cyanus*. Beispielsweise erwiesen sich *A. vulgaris* oder *U. dioica* bei allen vier Prädatorenarten als gegenüber den Kontrollproben signifikant attraktiver (Chi-Quadrat-Test, $p \leq 0,05$) und bei anderen Pflanzenarten konnten zumindest für einige der Prädatorenarten signifikante Differenzen zu den Kontrollen ermittelt werden. Dagegen lagen z. B. die Werte für *A. sylvestris* nur bei 6 % (*C. septempunctata*) oder für *C. cyanus* zwischen 6 % (*C. septempunctata*, *A. bipunctata*) und 12 % (*C. carnea*) und es bestand kein signifikanter Unterschied zu den Kontrollproben (Tab. 11).

Diese Differenzen ließen sich ebenfalls mit Hilfe der Index-Berechnung verdeutlichen. Hier konnten z. B. für *C. septempunctata* Werte in einem Bereich zwischen $\text{In.} = 185$ (*A. vulgaris*), $\text{In.} = 69$ (*C. arvense*) und $\text{In.} = 35$ (*L. purpureum*) errechnet werden (Tab. 11) oder für *A. bipunctata* zwischen $\text{In.} = 24$ (*C. cyanus*) und $\text{In.} = 146$ (*S. nigra*). Pflanzenarten, die auf die Freilandfänge einer Prädatorenart eine erhöhte Attraktivität ausübten, bewirkten in der Regel einen vergleichbaren Effekt auch bei den übrigen drei Arten. Beispiele hierfür waren u. a. *A. vulgaris* oder *U. dioica* mit hoher bzw. *C. cyanus* mit niedriger Attraktionswirkung.

Tab. 11: Prozentualer Anteil positiver Reaktionen adulter Testindividuen von vier Prädatorenarten (Freiland, pro Pflanzenart von jeder Prädatorenart jeweils n = 50 getestet) auf Wildpflanzen als Duftquellen im Olfaktometer mit Index-Berechnung (In.)

| Wildpflanze | Prädatorenart | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>U. dioica</i> | 30 | *0,007 | 173 | 30 | *0,004 | 122 | 34 | *0,006 | 121 | 38 | *0,003 | 154 |
| <i>V. arvensis</i> | 18 | 0,178 | 104 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>A. sylvestris</i> | 6 | 1 | 35 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>P. sativa</i> | 20 | 0,058 | 116 | 32 | *0,001 | 130 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>S. nigra</i> | 8 | 0,881 | 46 | 36 | *0,008 | 146 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>L. purpureum</i> | 6 | 1 | 35 | 14 | 0,123 | 57 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>M. chamomilla</i> | 26 | *0,030 | 150 | 28 | *0,001 | 114 | 22 | 0,059 | 79 | 22 | 0,058 | 89 |
| <i>C. leucanthemum</i> | 20 | 0,132 | 116 | | n.g. | | 20 | 0,113 | 71 | 20 | 0,113 | 81 |
| <i>A. vulgaris</i> | 32 | *0,001 | 185 | 28 | *0,006 | 114 | 36 | *0,002 | 129 | 24 | *0,008 | 97 |
| <i>T. vulgare</i> | 24 | 0,078 | 139 | 24 | *0,013 | 98 | 28 | *0,002 | 100 | 32 | *0,002 | 130 |
| <i>C. arvense</i> | 12 | 0,606 | 69 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>C. cyanus</i> | 6 | 0,564 | 35 | 6 | 0,564 | 24 | | n.g. | | 12 | 0,508 | 49 |
| Mittelwert | 17,3 = 100 (In.) | | | 24,6 = 100 (In.) | | | 28 = 100 (In.) | | | 24,7 = 100 (In.) | | |

Die Markierung * bedeutet eine gegenüber den einzelnen Kontrollproben signifikant höhere olfaktorische Attraktivität einer Pflanzenart auf die Testindividuen bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test); n.g. = Pflanzenart nicht getestet

3.1.2.2 Nutzpflanzen

Die unter der Gruppe „Nutzpflanzen“ verwendeten Gewürz- und Gemüsepflanzenarten übten eine unterschiedlich starke Attraktionswirkung auf die Testindividuen aus (Tab. 12), wobei die Differenzen zwischen den Prädatorenarten weniger deutlich waren als bei den Wildpflanzen.

Mit einem Anteil von 28 % bewirkte *L. angustifolia* (Lavendel) die meisten positiven Reaktionen der getesteten Individuen von *C. septempunctata*, während sich *L. esculentum* (Tomate) mit 2 % als nur wenig attraktiv für diese Art erwies (Tab. 12). Drei der vier Prädatorenarten zeigten auf *M. piperita* (Pfefferminze) oder *P. anisum* (Anis) als Duftquelle signifikant mehr Reaktionen als auf die Kontrollproben. Einige Nutzpflanzenarten übten auf alle vier ausgewählten Prädatorenarten eine tendenziell ähnliche Wirkung aus, wie es z. B. die Werte für *A. graveolens* (Dill) mit 8 % bis 12 % oder *P. anisum* mit 18 % bis 24 % verdeutlichten.

Die Index-Berechnung ergab für *C. septempunctata* Werte zwischen In. = 13 (*C. sativus*, *L. esculentum*) und In. = 183 (*L. angustifolia*). Pflanzen wie *M. piperita* oder *R. s. sativus* (Radieschen) lagen mit In. = 105 im mittleren Bereich der Index-Reihe.

Tab. 12: Prozentualer Anteil positiver Reaktionen adulter Testindividuen von vier Prädatorenarten (Laborzucht und Freiland, pro Pflanzenart von jeder Prädatorenart jeweils n = 50 getestet) auf Nutzpflanzen als Duftquellen im Olfaktometer mit Index-Berechnung (In.)

| Nutzpflanze | Prädatorenart (Laborzucht) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>C. sativus</i> | 2 | 0,101 | 13 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>D. tenuifolia</i> | 18 | 0,157 | 118 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>R. s. sativus</i> | 16 | 0,085 | 105 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>L. usitatissimum</i> | 18 | 0,317 | 118 | 2 | 0,217 | 14 | 4 | 0,715 | 34 | 18 | 0,157 | 113 |
| <i>P. crispum</i> | 18 | *0,024 | 118 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>C. carvi</i> | 12 | 0,806 | 78 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>P. anisum</i> | 18 | 0,317 | 118 | 20 | *0,010 | 145 | 20 | *0,017 | 171 | 24 | *0,018 | 150 |
| <i>A. graveolens</i> | 10 | 0,674 | 65 | 12 | 0,414 | 87 | 8 | 0,510 | 68 | 10 | 0,806 | 63 |
| <i>D. sativus</i> | 24 | *0,029 | 157 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>V. officinalis</i> | 8 | 0,606 | 52 | 12 | 0,123 | 87 | 14 | 0,302 | 120 | 14 | 0,547 | 88 |
| <i>B. officinalis</i> | 18 | 0,059 | 118 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>L. esculentum</i> | 2 | 0,223 | 13 | 0 | | 0 | 0 | 0,248 | 0 | 4 | 0,602 | 25 |
| <i>M. officinalis</i> | 24 | *0,008 | 157 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>M. piperita</i> | 16 | 0,279 | 105 | 20 | *0,017 | 145 | 24 | *0,008 | 205 | 26 | *0,003 | 163 |
| <i>L. angustifolia</i> | 28 | *0,006 | 183 | 26 | *0,003 | 188 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>O. basilicum</i> | 22 | 0,108 | 144 | 18 | 0,118 | 130 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>A. absinthum</i> | 6 | 0,873 | 39 | | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | |
| Mittelwert | 15,3 = 100 (In.) | | | 13,8 = 100 (In.) | | | 11,7 = 100 (In.) | | | 16 = 100 (In.) | | |

| Nutzpflanze | Prädatorenart (Freiland) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|-------|-----|--------------------------|-------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|-------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>L. usitatissimum</i> | 14 | 0,637 | 131 | 4 | 0,847 | 67 | | n.g. | | | n.g. | |
| <i>V. officinalis</i> | 14 | 0,821 | 131 | 12 | 0,141 | 200 | 18 | *0,008 | 180 | 14 | 0,547 | 127 |
| <i>L. esculentum</i> | 4 | 0,423 | 37 | 2 | 0,414 | 33 | 2 | 0,637 | 20 | 8 | 0,631 | 73 |
| Mittelwert | 10,7 = 100 (In.) | | | 6 = 100 (In.) | | | 10 = 100 (In.) | | | 11 = 100 (In.) | | |

Die Markierung * bedeutet eine gegenüber den einzelnen Kontrollproben signifikant höhere olfaktorische Attraktivität einer Pflanzenart auf die Testindividuen bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test); n.g. = Pflanzenart nicht getestet

Auf *A. bipunctata* übte *L. angustifolia* ebenfalls die höchste Attraktivität aus, was auch der Index-Wert mit In. = 188 verdeutlichte. Hingegen bewirkten *L. esculentum* mit In. = 0 keine oder *L. usitatissimum* (Lein) mit In. = 14 fast keine Reaktionen bei dieser Prädatorenart. Gleiches galt auch für *P. quatuordecimpunctata* und traf bezogen auf *L. esculentum* bei *C. carnea* ebenfalls zu, während die letztgenannte Prädatorenart auf *L. usitatissimum* häufiger reagierte. Sowohl auf

die Testindividuen von *P. quatuordecimpunctata* als auch auf die von *C. carnea* übten *P. anisum* und *M. piperita* die gegenüber den Kontrollproben jeweils höchsten Attraktionswirkungen aus.

Bei Verwendung von Freilandindividuen (Tab. 12) haben die vier verwendeten Prädatorenarten in ähnlicher Weise auf die einzelnen Pflanzenarten reagiert. Dies galt zum Beispiel für *L. esculentum* mit nur geringer Attraktionswirkung auf die Zucht- und Freilandindividuen aller vier Arten. Die positiven Reaktionen auf diese Duftquelle bewegten sich zwischen 2 % (*A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata*) und 8 % (*C. carnea*). Auch *L. usitatissimum* bewirkte nur positive Reaktionen von 14 % bei *C. septempunctata* bzw. 4 % bei *A. bipunctata*. Die dritte Nutzpflanzenart, deren Wirkung auf die Freilandindividuen ermittelt wurde, war *V. officinalis* (Baldrian). Hier konnte bei allen vier Prädatorenarten eine leichte Attraktionswirkung zwischen 12 % (*A. bipunctata*) und 18 % (*P. quatuordecimpunctata*) beobachtet werden.

3.1.2.3 Zierpflanzen

Bezogen auf *C. septempunctata* erwiesen sich die Zierpflanzenarten *L. odoratus* (32 %) und *T. majus* (32 %) als gegenüber den Kontrollproben besonders attraktiv (Tab. 13). Auch auf *A. bipunctata* übten diese beiden Arten eine erhöhte Attraktivität aus (26 % bzw. 30 %), daneben veranlassten *Achillea* sp. (Zierschafgarbe) mit 30 % und *Malva* sp. (Ziermalve) mit 32 % die Adulten dieser Prädatorenart vermehrt zu Reaktionen. Auf beide Prädatorenarten erwiesen sich *Viola* sp. (Hornveilchen) und *Convolvulus* sp. (Zierwinde) als wenig attraktiv. Die Index-Werte lagen beispielsweise für *C. septempunctata* zwischen In. = 22 für *Viola* sp. und In. = 44 für *Convolvulus* sp. bzw. In. = 177 für *L. odoratus* und *T. majus*.

Auf die Testindividuen von *C. carnea* bewirkte vor allem *L. odoratus* (36 %) eine deutlichere Attraktionswirkung (Tab. 13). Daneben riefen auch *Malva* sp. mit 32 % und *C. moschata* mit 30 % höhere Reaktionen hervor. Zierpflanzenarten mit keiner oder nur geringer Attraktivität konnten für *C. carnea* nicht ermittelt werden. Eine höhere Anzahl der getesteten Individuen von *P. quatuordecimpunctata* mit jeweils 30 % reagierte ebenfalls auf *L. odoratus* bzw. *A. majus* als Duftquelle. Hingegen zeigten die Testindividuen von *P. quatuordecimpunctata* weniger Reaktionen auf *G. globosa* (Kugelamaranth) mit 10 % und *Convolvulus* sp. mit 14 %.

Die Reaktionen der Freilandindividuen auf die verschiedenen Pflanzenarten ähnelten tendenziell denen der Laborzuchten. So wiesen beispielsweise *L. odoratus*, *T. majus* und *A. majus* auf alle getesteten Prädatorenarten aus der Laborzucht bzw. dem Freiland eine höhere Attraktionswirkung auf.

Tab. 13: Prozentualer Anteil positiver Reaktionen adulter Testindividuen von vier Prädatorenarten (Laborzucht und Freiland, pro Pflanzenart von jeder Prädatorenart jeweils n = 50 getestet) auf Zierpflanzen als Duftquellen im Olfaktometer mit Index-Berechnung (In.)

| Zierpflanze | Prädatorenart (Zucht) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>A. napellus</i> | 8 | 0,881 | 44 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>G. globosa</i> | 10 | 0,806 | 55 | 14 | 0,637 | 72 | 10 | 1 | 47 | 18 | 0,157 | 73 |
| <i>Viola</i> sp. | 4 | 0,505 | 22 | 4 | 0,715 | 21 | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>Malva</i> sp. | 24 | *0,029 | 133 | 32 | *0,008 | 164 | 24 | 0,020 | 112 | 32 | *0,006 | 129 |
| <i>L. odoratus</i> | 32 | *0,003 | 177 | 26 | *0,009 | 133 | 30 | *0,008 | 140 | 36 | *0,002 | 145 |
| <i>T. majus</i> | 32 | *0,001 | 177 | 30 | *0,001 | 154 | 24 | 0,104 | 112 | 22 | *0,005 | 88 |
| <i>Convolvulus</i> sp. | 8 | 0,785 | 44 | 12 | 0,508 | 62 | 14 | 0,302 | 65 | 16 | 0,121 | 66 |
| <i>Nicotiana</i> sp. | 14 | 0,379 | 77 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>A. majus</i> | 24 | 0,058 | 133 | 16 | 0,057 | 82 | 30 | *0,001 | 140 | 22 | 0,081 | 88 |
| <i>V. peruviana</i> | 10 | 0,899 | 55 | 8 | 0,691 | 41 | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>S. farinacea</i> | 22 | 0,081 | 122 | 18 | 0,058 | 92 | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>R. hirta</i> | 26 | *0,014 | 144 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>H. annuus</i> | 22 | 0,081 | 122 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>T. patula</i> | 16 | 0,166 | 88 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>Achillea</i> sp. | 22 | 0,081 | 122 | 30 | *0,001 | 154 | 18 | *0,039 | 84 | 22 | 0,108 | 88 |
| <i>Chrysanthem.</i> sp. | 16 | 0,279 | 88 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>C. moschata</i> | 18 | 0,085 | 99 | 24 | *0,001 | 123 | 22 | *0,011 | 102 | 30 | *0,003 | 121 |
| Mittelwert | 18,1 = 100 (In.) | | | 19,5 = 100 (In.) | | | 21,5 = 100 (In.) | | | 24,8 = 100 (In.) | | |

| Zierpflanze | Prädatorenart (Freiland) | | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>Viola</i> sp. | 4 | 0,715 | 18 | 8 | 0,758 | 38 | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>L. odoratus</i> | 32 | *0,005 | 142 | 28 | *0,002 | 132 | 26 | *0,009 | 87 | 36 | *0,009 | 132 |
| <i>T. majus</i> | 30 | *0,001 | 133 | 24 | *0,005 | 113 | 30 | *0,001 | 100 | 26 | *0,004 | 95 |
| <i>Convolvulus</i> sp. | 16 | 0,085 | 71 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>A. majus</i> | 30 | *0,001 | 133 | 22 | *0,018 | 104 | 34 | *0,001 | 113 | 20 | 0,190 | 73 |
| <i>S. farinacea</i> | 18 | 0,059 | 80 | 24 | *0,029 | 113 | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>Achillea</i> sp. | 28 | *0,006 | 124 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| Mittelwert | 22,6 = 100 (In.) | | | 21,2 = 100 (In.) | | | 30 = 100 (In.) | | | 27,3 = 100 (In.) | | |

Die Markierung * bedeutet eine gegenüber den einzelnen Kontrollproben signifikant höhere olfaktorische Attraktivität einer Pflanzenart auf die Testindividuen bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test); n.g. = Pflanzenart nicht getestet

3.1.2.4 Gründungspflanzen

Die untersuchten Gründungspflanzen zeichneten sich fast alle durch eine relativ hohe Attraktionswirkung auf die vier Prädatorenarten aus (Tab. 14), darunter insbesondere die beiden Lupinenarten *L. luteus* und *L. polyphyllus* sowie *F. esculentum* (Buchweizen) und *M. sativa* (Luzerne). Dies bewirkte u. a. bei den beiden letztgenannten Pflanzenarten eine jeweils signifikant höhere Attraktivität gegenüber den Kontrollproben. Dies konnte für alle vier Prädatorenarten festgestellt werden. Entsprechend wurden beispielsweise für *M. sativa* hohe Index-Werte errechnet, die zwischen In. = 124 bei *P. quatuordecimpunctata* und In. = 155 bei *A. bipunctata* lagen.

Tab. 14: Prozentualer Anteil positiver Reaktionen adulter Testindividuen von vier Prädatorenarten (Laborzucht und Freiland, pro Pflanzenart von jeder Prädatorenart jeweils n = 50 getestet) auf Gründungspflanzen als Duftquellen im Olfaktometer mit Index-Berechnung (In.)

| Gründungspflanze | Prädatorenart (Zucht) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>F. esculentum</i> | 34 | *0,001 | 132 | 28 | *0,006 | 136 | 30 | *0,003 | 155 | 34 | *0,002 | 143 |
| <i>B. n. napus</i> | 22 | 0,081 | 85 | 12 | 0,705 | 58 | 10 | 0,292 | 52 | 16 | 0,121 | 66 |
| <i>S. arvensis</i> | 20 | 0,059 | 76 | 8 | 0,881 | 39 | 8 | 0,881 | 41 | 12 | 0,414 | 51 |
| <i>L. polyphyllus</i> | 32 | *0,001 | 124 | 24 | *0,007 | 117 | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>L. luteus</i> | 28 | *0,002 | 109 | 24 | *0,001 | 117 | 20 | 0,058 | 104 | 24 | 0,078 | 101 |
| <i>M. sativa</i> | 34 | *0,002 | 132 | 32 | *0,003 | 155 | 24 | *0,013 | 124 | 32 | *0,001 | 135 |
| <i>T. incarnatum</i> | 20 | 0,292 | 76 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>O. sativus</i> | 18 | 0,258 | 70 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| <i>P. tanacetifolia</i> | 24 | 0,078 | 93 | 16 | 0,121 | 78 | 24 | *0,001 | 124 | 24 | 0,078 | 101 |
| Mittelwert | 25,8 = 100 (In.) | | | 20,6 = 100 (In.) | | | 19,3 = 100 (In.) | | | 23,7 = 100 (In.) | | |

| Gründungspflanze | Prädatorenart (Freiland) | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| <i>F. esculentum</i> | 38 | *0,001 | 120 | 34 | *0,006 | 123 | 24 | *0,005 | 102 | 40 | *0,001 | 147 |
| <i>S. arvensis</i> | 18 | 0,204 | 57 | 12 | 0,606 | 43 | 12 | 0,908 | 51 | 16 | 0,346 | 59 |
| <i>L. luteus</i> | 32 | *0,008 | 101 | 22 | *0,011 | 80 | 24 | 0,058 | 102 | 26 | 0,056 | 96 |
| <i>M. sativa</i> | 38 | *0,001 | 120 | 42 | *0,001 | 152 | 34 | *0,002 | 144 | 32 | *0,006 | 118 |
| <i>P. tanacetifolia</i> | 32 | *0,003 | 101 | 28 | *0,003 | 101 | 24 | *0,005 | 102 | 22 | 0,102 | 81 |
| Mittelwert | 31,6 = 100 (In.) | | | 27,6 = 100 (In.) | | | 23,6 = 100 (In.) | | | 27,2 = 100 (In.) | | |

Die Markierung * bedeutet eine gegenüber den einzelnen Kontrollproben signifikant höhere olfaktorische Attraktivität einer Pflanzenart auf die Testindividuen bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test); n.g. = Pflanzenart nicht getestet

Ausnahmen unter den insgesamt hohen Attraktionswirkungen der Gründungspflanzen bildeten die Brassicaceen *B. n. napus* (Raps) sowie *S. arvensis* (Ackersenf), die mit Ausnahme von *C. septempunctata* bei den übrigen drei Arten weniger Reaktionen hervorriefen (Tab. 14).

Die Reaktionen der Freilandfänge bestätigten die durchgehend hohe Wirkung der getesteten Gründungspflanzen auf die vier Prädatorenarten (Tab. 14). So bewirkte *M. sativa* bei 42 % der eingesetzten Individuen von *A. bipunctata* eine Reaktion. Diese Pflanzenart wies damit die insgesamt höchste Attraktivität aller verwendeten Pflanzenarten auf eine der im Olfaktometer getesteten Prädatorenarten auf. Einen ähnlichen Effekt hatte *F. esculentum* auf die Individuen von *C. carnea*, mit einem Anteil von 40 % positiver Reaktionen.

3.1.2.5 Pflanzenmischungen

Die drei Pflanzenmischungen übten auf die Testindividuen eine verhältnismäßig hohe Attraktivität aus (Tab. 15). Eine Ausnahme bildete die Mischung „Schmetterlingswiese“, auf die nur 18 % der in das Olfaktometer gesetzten Individuen von *C. septempunctata* reagierten, gegenüber 30 % bei „Bienenweide“ und 26 % bei „Nützlingswiese“ als Duftquelle. Für die Freilandfänge von *C. septempunctata* erhöhte sich der letztgenannte Wert auf 34 % (Tab. 15).

Tab. 15: Prozentualer Anteil positiver Reaktionen adulter Testindividuen von vier Prädatorenarten (Laborzucht und Freiland, pro Pflanzenart von jeder Prädatorenart jeweils n = 50 getestet) auf Pflanzenmischungen als Duftquellen im Olfaktometer mit Index-Berechnung (In.)

| Mischung | Prädatorenart (Zucht) | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| „Bienenweide“ | 30 | *0,001 | 122 | 32 | *0,001 | 103 | 28 | *0,008 | 93 | 22 | 0,059 | 81 |
| „Nützlingswiese“ | 26 | *0,005 | 106 | 30 | *0,004 | 97 | 32 | *0,001 | 107 | 32 | *0,008 | 119 |
| „Schmetterlingswiese“ | 18 | 0,116 | 73 | n.g. | | | n.g. | | | n.g. | | |
| Mittelwert | 24,6 = 100 (In.) | | | 31 = 100 (In.) | | | 30 = 100 (In.) | | | 27 = 100 (In.) | | |

| Mischung | Prädatorenart (Freiland) | | | | | | | | | | | |
|------------------|----------------------------------|--------|-----|--------------------------|--------|-----|-----------------------------|--------|-----|---------------------------|--------|-----|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | | | <i>Adalia bipunctata</i> | | | <i>Propylea 14-punctata</i> | | | <i>Chrysoperla carnea</i> | | |
| | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. | % | p | In. |
| „Nützlingswiese“ | 34 | *0,001 | | 30 | *0,002 | | 36 | *0,008 | | 36 | *0,004 | |

Die Markierung * bedeutet eine gegenüber den einzelnen Kontrollproben signifikant höhere olfaktorische Attraktivität einer Pflanzenmischung auf die Testindividuen bei $p \leq 0,05$ (Chi-Quadrat-Test); n.g. = Mischung nicht getestet

3.2 Freilanduntersuchungen

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der in den Jahren 1999 und 2000 im Freiland zur Attraktionswirkung unterschiedlicher Pflanzenarten auf vier Prädatorenarten und deren Einfluss auf die Aphidenpopulationen in angrenzenden Gemüsekulturen beschrieben.

3.2.1 Dichte von Prädatoren und Aphiden auf verschiedenen Pflanzenarten

3.2.1.1 Pflanzen in schachbrettartigen Parzellen

In den Parzellen von 13 verschiedenen Pflanzenarten sowie im Spontanaufwuchs mit einer jeweiligen Größe von 0,25 m² konnten 1999 über den Boniturzeitraum von Anfang Juni bis Ende September für die Populationsdichten der vier Prädatorenarten divergierende Mittelwerte ermittelt werden (Tab. 16).

Tab. 16: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten in Parzellen von 13 verschiedenen Pflanzenarten und im Spontanaufwuchs, gemittelt über den Boniturzeitraum von Anfang Juni bis Ende September 1999

| Pflanzenart | Mittlere Anzahl der Prädatorenarten | | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> | <i>Adalia bipunctata</i> | <i>Propylea 14-punctata</i> | <i>Chrysoperla carnea</i> |
| | Mittelwert | Mittelwert | Mittelwert | Mittelwert |
| <i>Alliaria petiolata</i> | 0,03 b | 0,03 b | 0,02 a | 0,05 b |
| <i>Anthriscus sylvestris</i> | 0,17 a | 0,10 a | 0,07 a | 0,14 a |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | 0,38 b | 0,14 a | 0,10 a | 0,25 a |
| <i>Campanula rapunculoides</i> | 0,14 a | 0,10 a | 0,03 a | 0,10 a |
| <i>Centaurea cyanus</i> | 0,69 b | 0,15 a | 0,11 a | 0,27 a |
| <i>Chrysanth. leucanthemum</i> | 0,24 a | 0,11 a | 0,05 a | 0,10 a |
| <i>Daucus carota</i> | 0,25 a | 0,07 a | 0,05 a | 0,21 a |
| <i>Lamium purpureum</i> | 0,08 b | 0,09 a | 0,03 a | 0,06 b |
| <i>Linum usitatissimum</i> | 0,03 b | 0,03 b | 0,01 a | 0,08 b |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | 0,14 a | 0,13 a | 0,06 a | 0,12 a |
| <i>Medicago sativa</i> | 0,35 b | 0,15 a | 0,05 a | 0,23 a |
| <i>Pastinaca sativa</i> | 0,30 a | 0,10 a | 0,08 a | 0,19 a |
| <i>Tanacetum vulgare</i> | 0,22 a | 0,15 a | 0,09 a | 0,22 a |
| Spontanaufwuchs | 0,22 a | 0,11 a | 0,03 a | 0,18 a |
| Mittelwert (gesamt) | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,18 |

Werte in einer Spalte mit gleichem Buchstaben wie „Spontanaufwuchs“ unterscheiden sind nicht signifikant von letzterem Wert bei $p \leq 0,05$ (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett)

Mit durchschnittlich 0,2 adulten Individuen pro 0,25 m² war *C. septempunctata* über den gesamten Boniturzeitraum die häufigste der vier Prädatorenarten (Tab. 16), gefolgt von *C. carnea* mit

0,18 Ind./0,25 m². Dagegen waren *A. bipunctata* mit 0,10 Ind. und vor allem *P. quatuordecimpunctata* mit 0,03 Ind./0,25 m² seltener vertreten. Auch bezogen auf die einzelnen Pflanzenarten konnten teilweise auffallende Unterschiede festgestellt werden. Grundsätzlich wurde in diesem Zusammenhang beobachtet, dass eine Pflanze, die durch eine erhöhte Population einer der Prädatorenarten gekennzeichnet war, auch einen erhöhten Bestand der übrigen drei Arten aufwies. Ein Beispiel hierfür war die Pflanzenart *C. cyanus*, die mit 0,69 Ind. von *C. septempunctata* pro 0,25 m² die insgesamt höchste Populationsdichte einer Prädatorenart aufwies und bei der auch für die übrigen Arten die jeweils höchsten Dichten festgestellt wurden (*A. bipunctata* 0,15 Ind., *P. quatuordecimpunctata* 0,11 Ind., *C. carnea* 0,27 Ind./0,25 m²).

Höhere Werte ließen sich auch für *A. vulgaris*, *M. sativa* oder *T. vulgare* ermitteln, wobei jeweils *C. septempunctata* als häufigste Prädatorenart auftrat. Andererseits wiesen *A. petiolata* oder *L. usitatissimum* nur geringe Dichten aller vier Arten auf. Für die letztgenannte Pflanzenart ergaben sich beispielsweise Werte von 0,03 Ind. für *C. septempunctata*, 0,03 Ind. für *A. bipunctata*, 0,01 Ind. für *P. quatuordecimpunctata* und 0,08 Ind./0,25 m² für *C. carnea*. Die Werte, die für den Spontanaufwuchs ermittelt wurden, lagen zwischen den Extremwerten, z. B. 0,20 Ind. für *C. septempunctata* oder 0,18 Ind./0,25 m² für *C. carnea*.

Um den Effekt einzelner Pflanzenarten auf die Prädatorenpopulationen besser darzustellen, wurde ein statistischer Vergleich der Mittelwerte mit denjenigen für den Spontanaufwuchs durchgeführt. Hierdurch konnten sowohl die hohen Populationsdichten von *C. septempunctata* auf *C. cyanus*, als auch die niedrigen Dichten dieser Art auf *A. petiolata* oder *L. usitatissimum* verdeutlicht werden (Tab. 16). Mit Ausnahme von *P. quatuordecimpunctata* waren alle Prädatorenarten in den Flächen mit Spontanaufwuchs signifikant häufiger als in den Beständen dieser beiden Pflanzenarten. Bei einigen weiteren Pflanzenarten wurden für einzelne Prädatoren deutliche Unterschiede zum Spontanaufwuchs beobachtet, so beispielsweise ein signifikant höherer Wert von *C. septempunctata* auf *A. vulgaris* und *M. sativa* bzw. ein signifikant niedrigerer Wert dieser Art auf *L. purpureum*. Für *P. quatuordecimpunctata* konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Für *C. carnea* ergaben sich zusätzlich signifikant niedrigere Populationsdichten in den Parzellen mit *L. purpureum* gegenüber dem Spontanaufwuchs (Tab. 16).

Die Populationsdichten der Prädatoren auf den verschiedenen Pflanzenarten variierten im Verlauf des Boniturzeitraumes deutlich, wobei die Populationsentwicklungen der vier Prädatorenarten bei allen Pflanzenarten tendenziell ähnlich verliefen. In der Regel war *C. septempunctata* an den einzelnen Boniturterminen die häufigste Art, während die übrigen drei Prädatorenarten seltener festgestellt werden konnten. Höhere Werte für alle Prädatorenarten ergaben sich auf den in Abb. 21 zusammengefassten Pflanzenarten *A. vulgaris*, *M. sativa* und vor allem auf *C. cyanus*. Für *C. septempunctata* konnten hier teilweise mehr als 0,8 Ind. auf einer Fläche von 0,25 m² er-

mittelt werden, auf *C. cyanus* an mehreren Terminen mehr als 1 Ind./0,25 m². Insgesamt deutlich höher waren die Populationsdichten aller Prädatorenarten auf *C. cyanus* (Abb. 21) vor allem von Mitte bis Ende Juli.

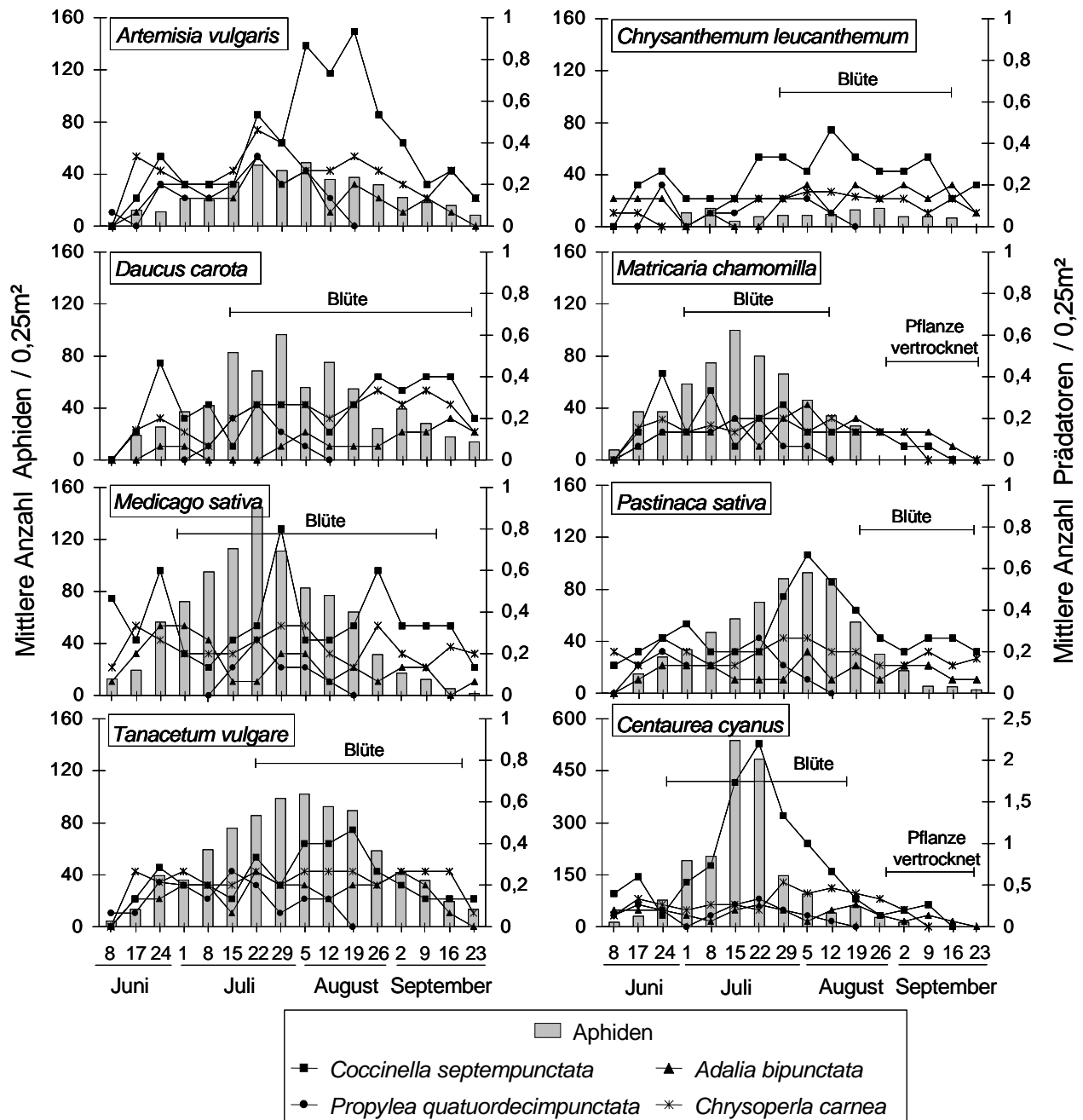


Abb. 21: Populationsentwicklung adulter Individuen von vier Prädatorenarten sowie der pflanzenspezifisch häufig vorkommenden Aphidenarten (siehe auch Tab. 17) pro 0,25 m² in Parzellen von acht Pflanzenarten im Jahr 1999

Auf fünf weiteren Pflanzenarten (Abb. 22) waren alle vier Prädatorenarten weniger häufig vertreten, wobei auch hier *C. septempunctata* grundsätzlich die häufigste Art war. Insbesondere auf *A. petiolata*, *C. rapunculoides*, *L. purpureum* und *L. usitatissimum* wurden adulte Prädatoren seltener vorgefunden. Auf *A. petiolata* und *L. usitatissimum* konnten zudem ab Anfang August keine adulten Prädatoren mehr festgestellt werden (Abb. 22). Auf *A. sylvestris* und dem Spontanaufwuchs war die Zahl der registrierten Prädatoren wieder etwas größer.

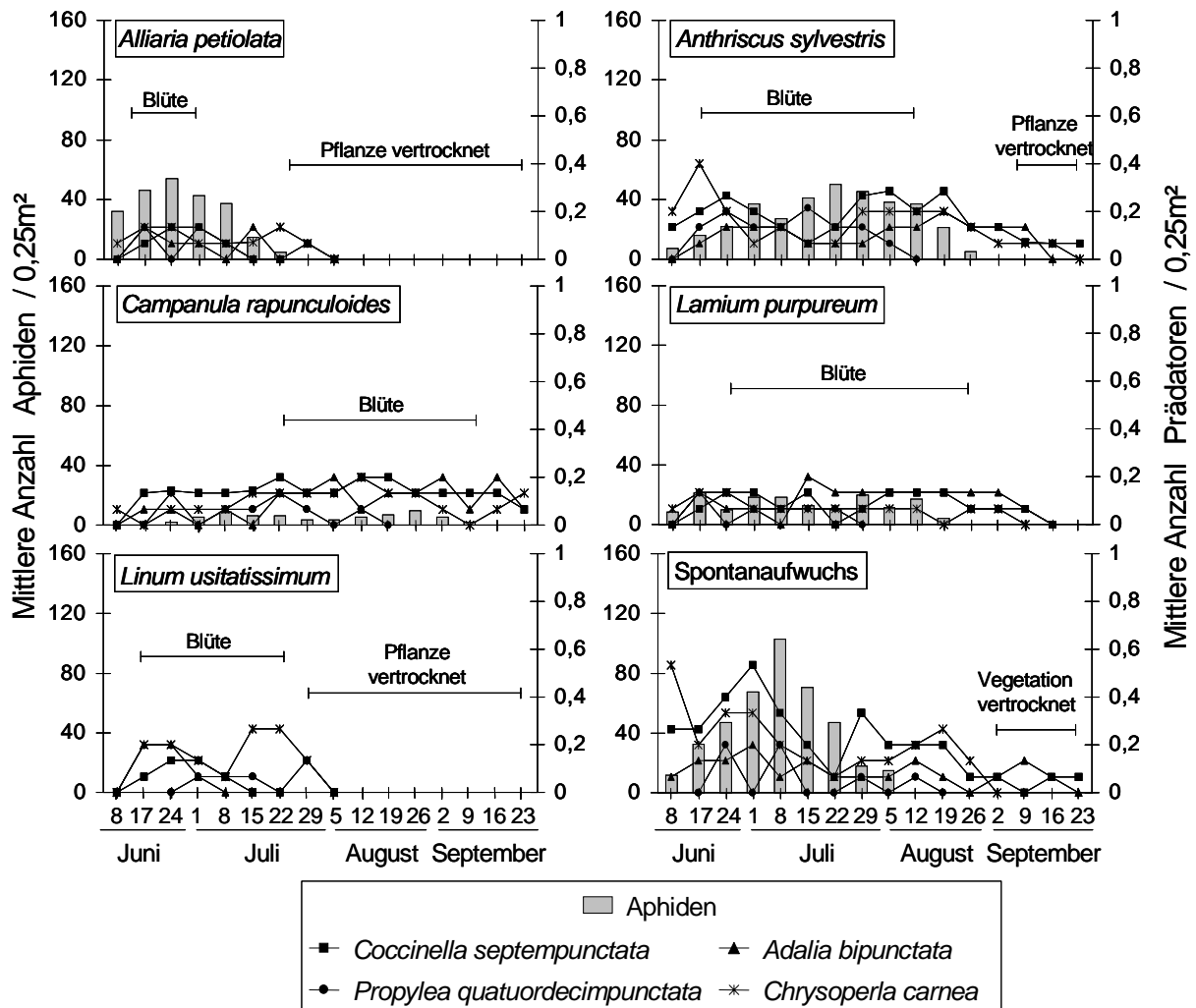


Abb. 22: Populationsentwicklung adulter Individuen von vier Prädatorenarten sowie der pflanzenspezifisch häufig vorkommenden Aphidenarten (siehe auch Tab. 17) pro 0,25 m² in Parzellen von fünf Pflanzenarten sowie im Spontanaufwuchs im Jahr 1999

In den Untersuchungen wurden neben den vier Prädatorenarten auch die in den einzelnen Pflanzenparzellen am häufigsten beobachteten Aphidenarten bestimmt und deren Populationen erfasst (Tab. 17). Hohe Befallsdichten mit jeweils spezifischen Aphidenarten wiesen dabei *D. carota*, *M. chamomilla*, *M. sativa*, *P. sativa* oder *T. vulgare* auf (Abb. 21). Die Populationsentwicklung

gen nahmen in der Regel einen für Aphiden typischen Verlauf an, bei denen auf starke Anstiege mit kurzzeitigen Spitzenwerten schnelle Bestandsrückgänge folgten. Deutlich weniger Aphiden wurden beispielsweise auf *C. rapunculoides* oder *L. purpureum* festgestellt und *L. usitatissimum* war vollkommen aphidenfrei (Abb. 22).

Tab. 17: Liste der 1999 auf verschiedenen Pflanzenarten häufig festgestellten Aphidenarten

| Pflanzenart | Aphidenart |
|-----------------------------------|--|
| <i>Alliaria petiolata</i> | <i>Myzus persicae</i> (Sulzer) |
| <i>Anthriscus sylvestris</i> | <i>Aphis fabae</i> Scop., <i>Cavariella</i> sp., <i>Macrosiphum gei</i> (Koch) |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | <i>Macrosiphoniella</i> sp. |
| <i>Campanula rapunculoides</i> | <i>Uroleucon nigrocampanulae</i> (Theobald) |
| <i>Centaurea cyanus</i> | <i>Uroleucon jaceae</i> (L.) |
| <i>Chrysanthemum leucanthemum</i> | <i>Brachycaudus cardui</i> (L.) |
| <i>Daucus carota</i> | <i>Cavariella aegopodii</i> (Scop.), <i>Myzus</i> sp. |
| <i>Lamium purpureum</i> | <i>Aphis</i> sp., <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) |
| <i>Linum usitatissimum</i> | keine Aphiden festgestellt |
| <i>Matricaria chamomilla</i> | <i>Brachycaudus cardui</i> (L.) |
| <i>Medicago sativa</i> | <i>Acyrtosiphon pisum</i> (Harris), <i>Therioaphis trifolii</i> (Monell) |
| <i>Pastinaca sativa</i> | <i>Cavariella aegopodii</i> (Scop.), <i>Aphis fabae</i> Scop. |
| <i>Tanacetum vulgare</i> | <i>Uroleucon tanaceti</i> L., <i>Brachycaudus cardui</i> (L.) |
| Spontanaufwuchs | <i>Aphis</i> sp., <i>Myzus persicae</i> (Sulzer) |

Der auf den verschiedenen Pflanzenarten festgestellte Aphidenbestand korrelierte mit den Populationsentwicklungen der vier Prädatorenarten. So konnte bei einem starken Anwachsen der Aphidenpopulationen eine Erhöhung der Prädatorenanzahl festgestellt werden, deren Anzahl mit Rückgang der Aphiden im Bestand ebenfalls abnahm. Eine derartige Korrelation war beispielsweise auf *P. sativa*, *T. vulgare* und vor allem auf *C. cyanus* (Abb. 21) zu beobachten. So trat auf letztgenannter Art ein deutlicher Befall durch die Aphidenart *Uroleucon jaceae* (L.) auf, mit bis zu mehr als 500 Individuen pro 0,25 m². Hierauf reagierte vor allem *C. septempunctata* mit einer deutlichen Bestandszunahme von bis zu mehr als 2 Ind./0,25m². Auf den Rückgang der Aphidenzahl folgte dann auch bei den Prädatoren eine Abnahme der Populationen. Auf *D. carota* nahm hingegen die Populationsdichte der Prädatoren mit Abnahme der Aphiden zu (Abb. 21).

Die höchsten Populationsdichten der Prädatoren konnten während der Blühphase einiger Pflanzenarten registriert werden, insbesondere bei *C. leucanthemum* und *D. carota* (Abb. 21). Bei *M. sativa* (Abb. 21) traten hingegen innerhalb der langen Blühphase für alle Prädatorenarten, vor allem aber für *C. septempunctata*, deutlichere Schwankungen in den Populationsdichten auf. Für *C. rapunculoides* ergaben sich beispielsweise keine wesentlichen Änderungen in der Prädatoren-

bestandsdichte in Abhängigkeit vom Blütenvorkommen (Abb. 22). Auf *D. carota* (Abb. 21) hingegen stieg die Populationsdichte erst mit dem Blühbeginn an und bei *L. usitatissimum* (Abb. 22) koinzidiert das Auftreten der wenigen Prädatoren ausschließlich mit dem Vorhandensein von Blüten. Anders war es bei *P. sativa*, wo die Populationsdichten bereits mit Beginn der Blühphase deutlich abnahmen (Abb. 21).

Ein weiterer, die Prädatorenpopulationen beeinflussender Faktor, war der Vitalitätszustand der Pflanzen. Nach deren Absterben konnten keine oder nur noch wenige Individuen in den Parzellen beobachtet werden, wie es z. B. bei *A. petiolata* oder *L. usitatissimum* (Abb. 22) deutlich wurde, die Anfang August schon abgetrocknet waren. Bei den Pflanzenarten, die erst gegen Ende des Boniturzeitraums abstarben, so z. B. *M. chamomilla* oder *C. cyanus*, konnte ebenfalls ein fast vollständiges Verschwinden der Prädatoren festgestellt werden (Abb. 21).

3.2.1.2 Pflanzen in rechteckigen Parzellen

Die Bonitur der in rechteckigen Parzellen ausgesäten Pflanzenarten ergab ähnliche Ergebnisse (Tab. 18) wie die in der schachbrettartigen Versuchsanordnung. *C. septempunctata* war über den Gesamtuntersuchungszeitraum mit einem Mittelwert von 0,95 Ind. die häufigste der vier Arten, allerdings mit einem nur geringem Unterschied zu *C. carnea* mit 0,94 Ind./1,25 m². Die Populationsdichten von *A. bipunctata* und *P. quatuordecimpunctata* waren mit 0,46 bzw. 0,42 Ind./1,25 m² nur etwa halb so groß. Unter den Pflanzenarten gab es deutliche Unterschiede hinsichtlich der auf ihnen registrierten Prädatorendichten, wobei diese Differenzen bei allen vier Prädatorenarten festgestellt werden konnten. Neben den drei Saatmischungen konnten vor allem auf *F. esculentum* und *P. anisum* höhere Dichten verzeichnet werden.

Beispielsweise fanden sich auf *F. esculentum* im Mittel 1,53 Ind. bei *C. carnea* bzw. 1,13 Ind./1,25 m² bei *C. septempunctata*. Dies gehörte jeweils zu den höchsten Populationsdichten dieser Prädatorenarten im Reinbestand einer Pflanzenart. Auch *P. anisum* bewirkte vor allem bei *C. septempunctata* mit 1,47 Ind./1,25 m² erhöhte Bestände. Beide Pflanzenarten führten bei *A. bipunctata* ebenfalls zu hohen Dichten (0,87 bzw. 0,80 Ind./1,25 m²). Etwas anders stellten sich die Ergebnisse für *P. quatuordecimpunctata* dar, wo die höchsten Werte auf *L. luteus* und *S. arvensis* mit jeweils 0,53 Ind./1,25 m² ermittelt wurden. Signifikant niedrigere Populationsdichten (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$) von *C. septempunctata* ergaben sich auf *S. arvensis* mit 47 Ind. und vor allem auf *O. basilicum* mit 0,27 Ind. bzw. *V. officinalis* mit 0,07 Ind./1,25 m². Auch *C. carnea* fand sich in signifikant niedrigeren Dichten auf diesen Pflanzenarten, während für die übrigen Prädatorenarten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$).

Tab. 18: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten pro Untersuchungsfläche (1,25 m²) in Parzellen verschiedener Pflanzenarten im Jahr 1999

| Pflanzenart | Mittlere Anzahl der Prädatorenarten | | | |
|-------------------------------|--|--|---|---|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> Mittelwert | <i>Adalia bipunctata</i> Mittelwert | <i>Propylea 14-punctata</i> Mittelwert | <i>Chrysoperla carnea</i> Mittelwert |
| <i>Borago officinalis</i> | 0,87 a | 0,33 a | 0,47 a | 0,93 a |
| <i>Fagopyrum esculentum</i> | 1,13 a | 0,87 a | 0,27 a | 1,53 a |
| <i>Lupinus luteus</i> | 1,00 a | 0,33 a | 0,53 a | 0,67 a |
| <i>Ocimum basilicum</i> | 0,27 b | 0,13 a | 0,00 a | 0,13 b |
| <i>Phacelia tanacetifolia</i> | 1,07 a | 0,53 a | 0,33 a | 1,00 a |
| <i>Pimpinella anisum</i> | 1,47 a | 0,80 a | 0,33 a | 0,93 a |
| <i>Sinapis arvensis</i> | 0,47 b | 0,20 a | 0,53 a | 0,60 b |
| <i>Valeriana officinalis</i> | 0,07 b | 0,07 a | 0,27 a | 0,13 b |
| „Bienenweide“ | 1,40 a | 0,47 a | 0,73 a | 1,67 a |
| „Nützlingswiese“ | 1,27 a | 0,60 a | 0,53 a | 1,53 a |
| „Schmetterlingswiese“ | 1,48 a | 0,73 a | 0,67 a | 1,27 a |
| Mittelwert (gesamt) | 0,95 | 0,46 | 0,42 | 0,94 |

Werte mit unterschiedlichen Buchstaben in einer Spalte sind signifikant verschieden bei $p \leq 0,05$ (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)

Die aufsummierten mittleren Populationsdichten der Prädatorenarten in den Parzellen von jeweils drei Pflanzenarten und drei Mischungen mit und ohne Blüten ergaben, dass das Vorhandensein von Blüten höhere Prädatorendichten bewirkte (Abb. 23).

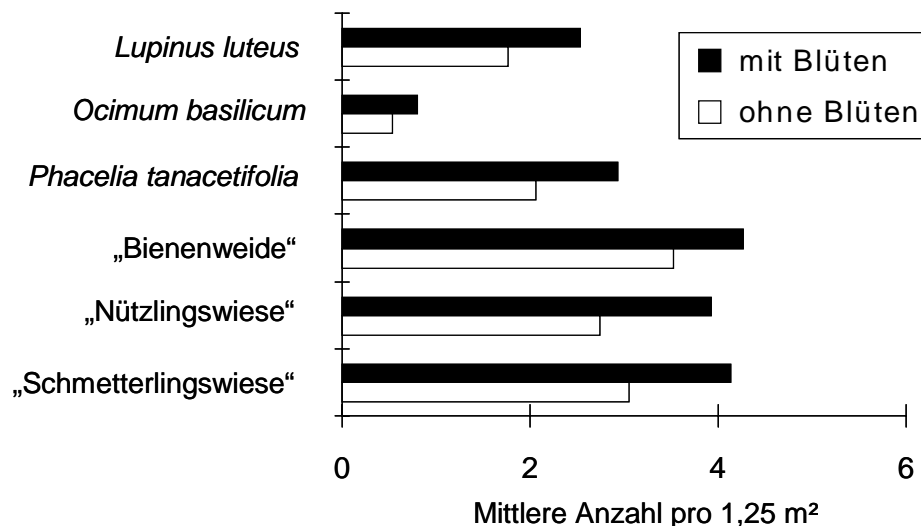


Abb. 23: Mittlere Dichte adulter Individuen von vier Prädatorenarten zusammen pro Untersuchungsfläche (1,25 m²) und Boniturtermin in sechs Pflanzenparzellen mit und ohne Blüten im Jahr 1999

Die mittlere Anzahl der vier Arten in der Parzelle „Nützlingswiese“ mit Blüten betrug 3,9 Ind., während in der gleichgroßen blütenfreien Fläche nur 2,7 Ind./1,25 m³ vorgefunden wurden. Bei *P. tanacetifolia* trat ein Unterschied von 2,9 Ind. in der Parzelle mit Blüten und 2,1 Ind./1,25 m² in derjenigen ohne Blüten auf.

3.2.2 Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden bei Begleitpflanzung

3.2.2.1 Luzerne in einer Buschbohnenkultur

Von den untersuchten Prädatorenarten trat *C. septempunctata* in beiden Versuchsjahren am häufigsten auf (Abb. 24), mit 0,1 Individuen pro Bohnenpflanze 1999 und 0,14 Ind./Pflanze im folgenden Jahr, jeweils in der Pflanzvariante „Streifen“. *A. bipunctata* war in beiden Jahren die seltenste Art, mit z. B. 0,05 Ind. (1999) bzw. 0,09 Ind./Pflanze (2000), ebenfalls in der Streifenvariante. Die zweithäufigste Art war 1999 *C. carnea*, im Jahr 2000 *P. quatuordecimpunctata*. Alle vier Prädatorenarten traten in beiden Jahren in den Varianten häufiger auf als in der Kontrolle.

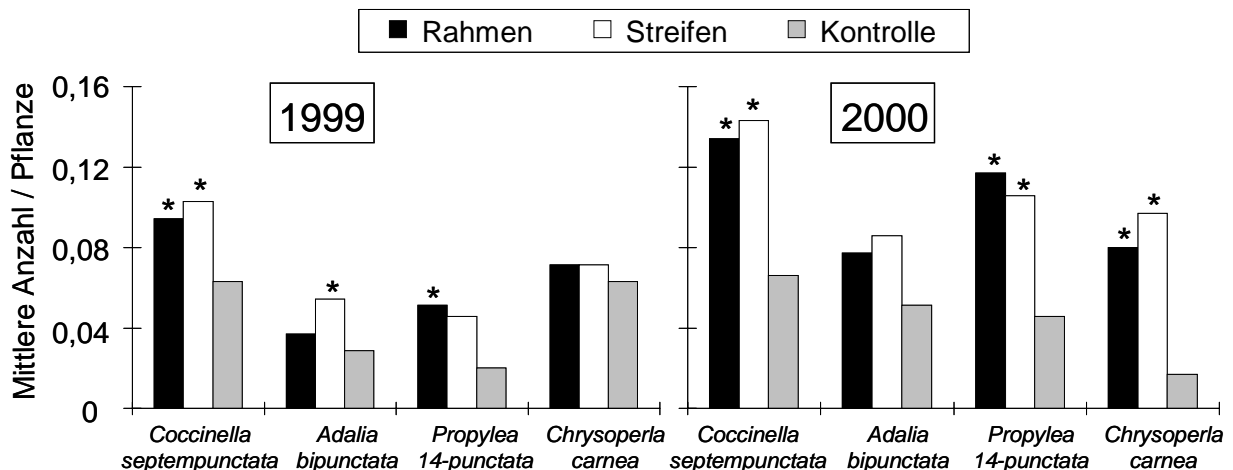


Abb. 24: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten pro Bohnenpflanze in den *Medicago sativa*-Varianten „Rahmen“ und „Streifen“ und der Kontrolle in den Jahren 1999 und 2000 [* kennzeichnet signifikante Unterschiede der Varianten zur Kontrolle (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

Die Populationsdichten zwischen den Varianten divergierten nur geringfügig, mit tendenziell leicht höheren Werten bei streifenförmiger Begleitpflanzung (Abb. 24). *C. septempunctata* trat ebenso wie *P. quatuordecimpunctata* in beiden Jahren in den beiden Varianten signifikant häufiger auf als in der Kontrolle (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$) bei allerdings deutlich höherer mittlerer Populationsdichte im Jahr 2000. Dies traf für alle vier Prädatorenarten zu, insbesondere aber für *P. quatuordecimpunctata*, eine Art, die 2000 in den Varianten und in der Kontrolle doppelt so

häufig angetroffen wurde wie 1999. *C. carnea* war nur im Jahr 2000 in den Varianten signifikant häufiger und für *A. bipunctata* ergaben sich in diesem Jahr keine signifikanten Unterschiede (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Andererseits unterschieden sich für *C. septempunctata* die Werte der Kontrolle aus beiden Jahren nur wenig, während der Bestand von *A. bipunctata* von 1999 bis 2000 in der Kontrolle und den Varianten gleichermaßen zunahm. *C. carnea* wurde im Jahr 2000 in den Varianten häufiger vorgefunden als 1999, trat in der Kontrolle aber noch seltener auf als im Jahr zuvor.

Bei Betrachtung der Populationsverläufe der adulten Individuen der vier Prädatorenarten bestätigte sich in den Jahren 1999 und 2000 der gegenüber der Kontrolle höhere Bestand auf den Bohnenpflanzen bei Begleitpflanzung mit *M. sativa*. Der Unterschied zwischen rahmen- und streifenförmiger Variante war hingegen nicht sehr groß war (Abb. 25). Auch die Differenzen zur Kontrolle fielen im Jahr 1999 geringer aus, signifikante Unterschiede traten an einzelnen Boniturterminen nicht auf. Im folgenden Jahr waren die Populationsdichten in beiden Varianten teilweise doppelt so hoch wie in der Kontrolle und es gab an einigen Boniturterminen signifikante Unterschiede (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Die Populationsverläufe der Prädatoren in der Kontrolle unterschieden sich zwischen den Jahren 1999 und 2000 nur geringfügig. Insgesamt konnte im Jahr 1999 ein gleichmäßigerer Verlauf beobachtet werden, während im Jahr 2000 stärkere An- und Abstiege in der Populationsentwicklung feststellbar waren (Abb. 25).

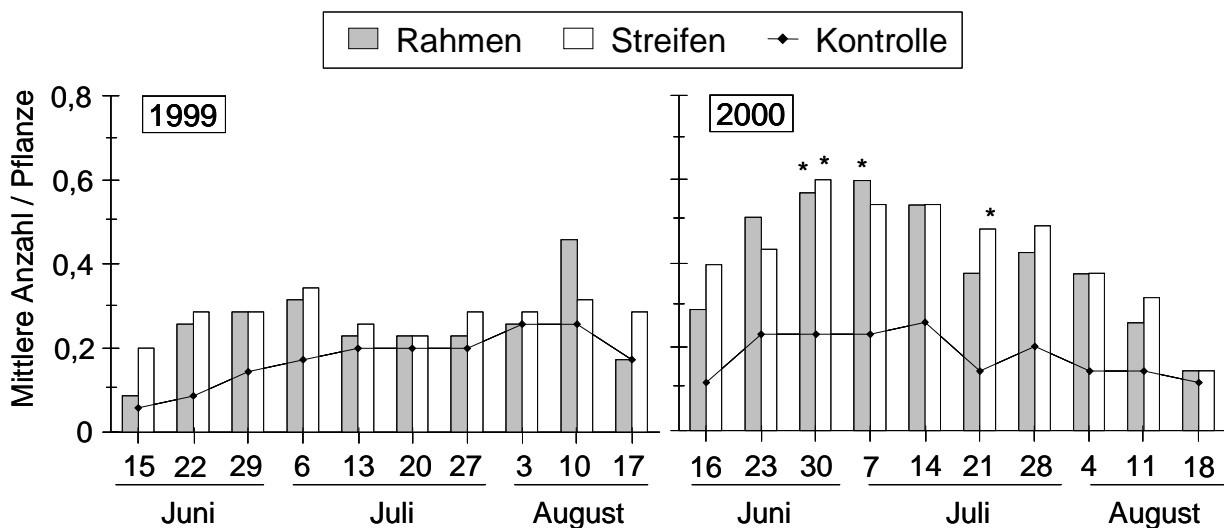


Abb. 25: Populationsverlauf adulter Individuen von vier Prädatorenarten zusammen pro Bohnenpflanze in den Varianten mit *Medicago sativa* und der Kontrolle in den Jahren 1999 und 2000 [* zeigt signifikante Unterschiede der Varianten zur Kontrolle (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

Die auf den Buschbohnen bonitierten Aphiden gehörten hauptsächlich zu den Arten *A. fabae* und *Aphis craccivora* Koch (Homoptera, Aphididae) und wurden als *Aphis* spp. Zusammengefasst. Die in den angrenzenden Beständen von *M. sativa* häufige Art *A. pisum* konnte auf den Buschbohnen nicht festgestellt werden. Insgesamt führte die Begleitpflanzung mit *M. sativa* in beiden Untersuchungs Jahren zu einer Reduktion der Aphidenpopulationen in der Streifen- und der Rahmenvariante gegenüber der Kontrolle (Abb. 26). Während 1999 nur Ende Juni ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Varianten und der Kontrolle auftrat, gab es im Jahr 2000 an mehreren Boniturterminen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten und der Kontrolle (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Die Differenzen zwischen den Varianten blieben vor allem im zweiten Untersuchungsjahr geringer.

Demgegenüber divergierte die jährliche Populationsdichte der Aphiden deutlich voneinander (Abb. 26). Vor allem Ende Juni und Anfang Juli war diejenige des Jahres 2000 teilweise nur halb so groß wie die von 1999. Auch die Populationsentwicklung verlief in beiden Jahren unterschiedlich. Im Jahr 1999 kam es zu einem starken und parallelen Anstieg der Aphidenpopulationen bis Anfang Juli, mit einem Höchstwert von über 100 Aphiden pro Bohnenpflanze in der Kontrolle. Anschließend erfolgte ein schneller Rückgang auf ein sehr niedriges Niveau. Die Entwicklung verlief 2000 tendenziell ähnlich, aber weniger deutlich, mit Höchstwerten von 54 Aphiden Anfang Juli in der Kontrolle bzw. knapp 40 Aphiden Ende Juni in der rahmenförmigen Variante.

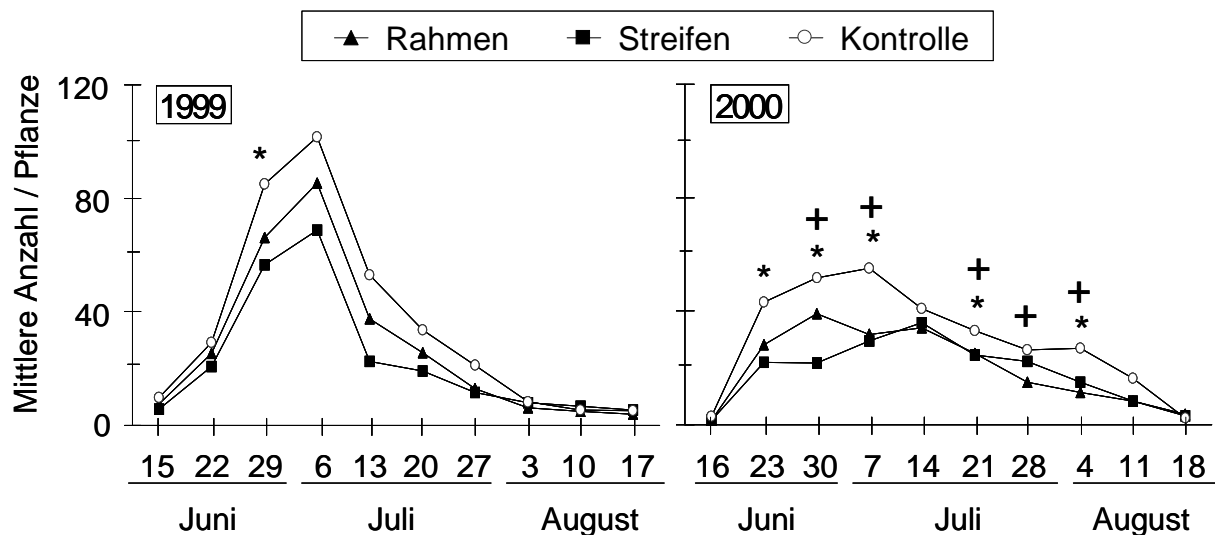


Abb. 26: Populationsverlauf der Aphiden (*Aphis* spp.) in den Varianten mit *Medicago sativa* und der Kontrolle in den Jahren 1999 und 2000 [signifikante Unterschiede zur Kontrolle sind durch + (Rahmen) bzw. * (Streifen) gekennzeichnet (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

3.2.2.2 Wildpflanzen in einer Salatkultur

Für die mittleren Populationsdichten der Prädatorenarten pro Salatpflanze über den gesamten Boniturzeitraum (Tab. 19) ergaben sich einige signifikante Unterschiede zwischen den drei Varianten und der Kontrolle (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). In den Untersuchungen war *C. septempunctata* die häufigste Art, wobei sich die drei Varianten mit Werten zwischen 0,13 Ind. bei *U. dioica* und 0,14 Ind./Pflanze bei Begleitpflanzung mit *T. vulgare* nur geringfügig unterschieden. Die Populationsdichten waren hingegen in allen Varianten etwa doppelt so hoch wie in der Kontrolle mit 0,08 Ind./Pflanze. Die zweithäufigste Prädatorenart mit einer ähnlichen Verteilung war *P. quatuordecimpunctata*, während *A. bipunctata* generell seltener auftrat. Für diese Art waren die Populationsdichten in den Varianten mit *T. vulgare* und *U. dioica* ebenfalls höher als in der Kontrolle, ein signifikanter Unterschied ergab sich hingegen nur zur Variante mit *A. vulgaris*, wo 0,13 Ind./Pflanze ermittelt werden konnten. Für *C. carnea* schließlich wurden statistisch signifikante Unterschiede in der Populationsdichte zwischen der Kontrolle mit 0,03 Ind. und den Varianten mit *A. vulgaris* (0,10 Ind.) bzw. mit *T. vulgare* (0,10 Ind.) festgestellt (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$), nicht aber in der Variante mit *U. dioica*, in der 0,07 Ind./Pflanze auftraten (Tab. 19).

Tab.19: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten pro Salatpflanze in drei Varianten mit Begleitpflanzung aus Wildpflanzen sowie in der Kontrolle im Jahr 2000

| Variante | Mittlere Anzahl der Prädatorenarten | | | |
|---------------------------|--|--|---|---|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> Mittelwert | <i>Adalia bipunctata</i> Mittelwert | <i>Propylea 14-punctata</i> Mittelwert | <i>Chrysoperla carnea</i> Mittelwert |
| <i>Artemisia vulgaris</i> | 0,13 a | 0,13 a | 0,11 a | 0,10 a |
| <i>Tanacetum vulgare</i> | 0,14 a | 0,08 b | 0,13 a | 0,10 a |
| <i>Urtica dioica</i> | 0,13 a | 0,08 b | 0,12 a | 0,07 b |
| Kontrolle | 0,08 b | 0,05 b | 0,07 b | 0,03 b |

Werte in einer Spalte mit gegenüber der Kontrolle verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant von dieser bei $p \leq 0,05$ (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett)

Die Populationsdichte der Aphiden pro Salatpflanze lag in der Kontrolle fast ein Drittel über denjenigen in den drei Varianten mit den Wildpflanzen *A. vulgaris*, *T. vulgare* und *U. dioica* (Abb. 27). An fast allen Boniturterminen ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Varianten und der Kontrolle (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$) bei jeweils parallelen Populationsverläufen. Die Unterschiede zwischen den Varianten blieben gering. So konnten Anfang Juni in der Kontrolle im Mittel 34 Aphiden pro Salatpflanze festgestellt werden, während es in den drei Varianten zwischen 24 Ind. bei *U. dioica* und 27 Ind./Pflanze bei *T. vulgare* waren. Insgesamt war an allen Boniturterminen bis Anfang Juli zwischen den drei Varianten und der Kontrolle ein sig-

nifikanter Unterschied in der Populationsdichte der Aphiden feststellbar (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$).

Auffallend war die gleichförmige Entwicklung der Populationen in den Varianten und der Kontrolle, mit einem steilen Anstieg bis Anfang Juni und einem anschließendem Rückgang auf das Ausgangsniveau von etwa 7 Ind. in den drei Varianten und 10 Ind./Pflanze in der Kontrolle.

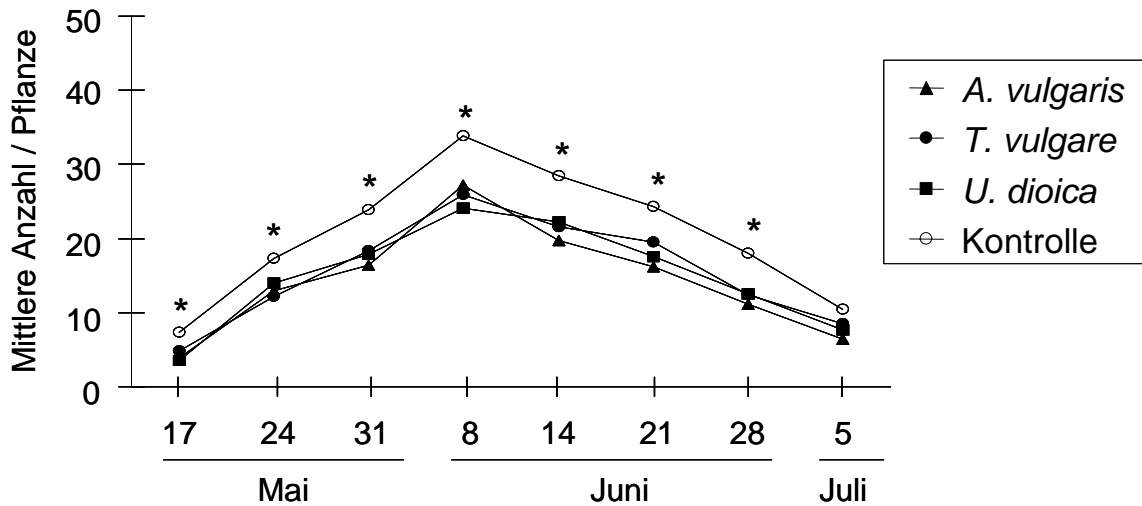


Abb. 27: Populationsverlauf der Aphiden pro Salatpflanze in den drei Wildpflanzenvarianten und der Kontrolle im Jahr 2000 [signifikante Unterschiede der Kontrolle zu allen drei Varianten sind durch * gekennzeichnet (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

Die mittleren Populationsdichten der Aphiden und die Anteile der drei bei der Bonitur festgestellten Arten *M. persicae*, *Macrosiphon euphorbiae* (Thomas) und *Nasonovia ribisnigri* (Moseley) (Homoptera, Aphididae) werden in Abb. 28 gezeigt. Die Werte unterschieden sich signifikant (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$) zwischen den drei Varianten mit jeweils etwa 15 Aphiden pro Pflanze und der Kontrolle mit durchschnittlich 20,5 Individuen pro Salatpflanze. Die Unterschiede zwischen den Varianten blieben gering.

Von den drei festgestellten Aphidenarten war *M. persicae* mit 6,2 Ind. bei *U. dioica* und 8,9 Ind. in der Kontrolle jeweils die häufigste Art, gefolgt von *N. ribisnigri* in einem Bereich zwischen 4,6 Ind. bei *A. vulgaris* und 6,9 Ind. in der Kontrolle sowie *M. euphorbiae* mit 3,4 Ind. bei *A. vulgaris* und 4,6 Ind./Pflanze in der Kontrolle.

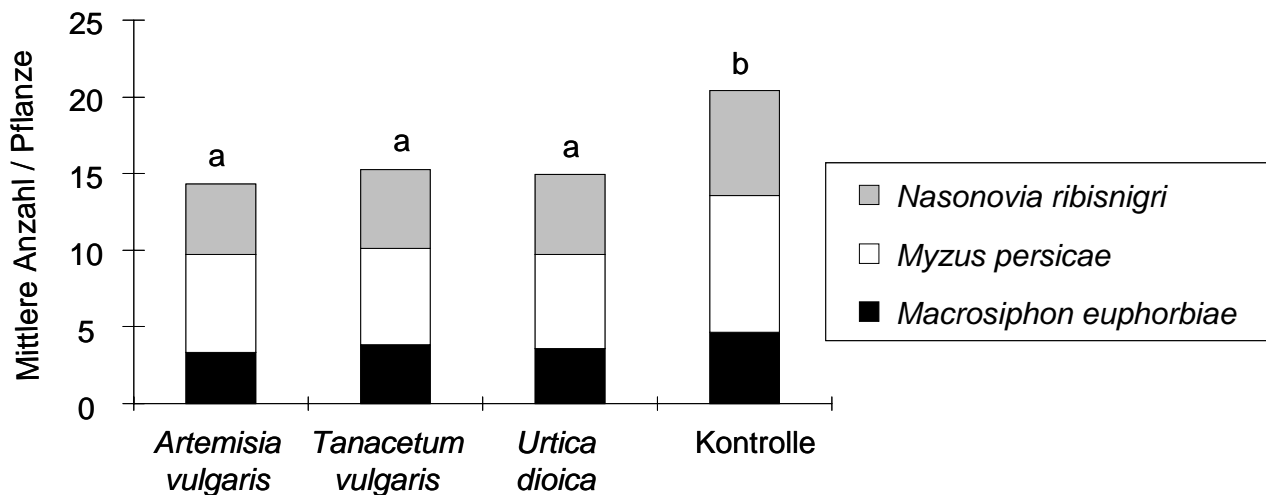


Abb. 28: Mittlere Anzahl Aphiden pro Salatpflanze in den drei Wildpflanzenvarianten und der Kontrolle mit Anteilen einzelner Aphidenarten im Jahr 2000 [unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Populationsdichten (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

3.2.2.3 Gründungspflanzen in einer Salatkultur

Die mittleren Populationsdichten der Prädatoren über den gesamten Untersuchungszeitraum lagen für die Arten *C. septempunctata* und *A. bipunctata* in den Varianten mit Begleitpflanzung deutlich höher als in der Kontrolle (Tab. 20). Gegenüber der Kontrolle signifikant höher waren die pro Salatpflanze ermittelten Populationsdichten beider Arten in den Varianten mit *F. esculentum* bzw. mit der Mischung (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Hierbei traten Werte zwischen 0,09 Ind. und 0,10 Ind. bei *C. septempunctata* bzw. 0,1 Ind. und 0,09 Ind. im Fall von *A. bipunctata* auf, während in der Kontrolle jeweils 0,03 Ind./Pflanze ermittelt wurden. Die Populationsdichten beider Arten in der Variante mit *L. luteus* lagen deutlich niedriger und unterschieden sich mit 0,05 Ind. bzw. 0,06 Ind./Pflanze nicht signifikant von der Kontrolle.

Adulte *P. quatuordecimpunctata* konnten während der im Spätsommer durchgeführten Versuche fast überhaupt nicht festgestellt werden, in der Kontrolle fand sich kein Individuum dieser Art (Tab. 20). *C. carnea* wiederum konnte in ähnlichen Dichten wie *C. septempunctata* und *A. bipunctata* registriert werden mit signifikanten Unterschieden der Varianten mit *F. esculentum* bzw. mit *L. luteus* zur Kontrolle (Dunnett-Test, $p \leq 0,05$). In der Variante mit der Mischung war hingegen die Populationsdichte mit 0,07 Ind. nicht signifikant höher als in der Kontrolle mit 0,03 Ind./Pflanze.

Tab. 20: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten pro Salatpflanze bei Begleitpflanzung mit zwei Pflanzenarten und einer Mischung aus *F. esculentum* und *L. luteus* beiden sowie in der Kontrolle im Jahr 2000

| Variante | Mittlere Anzahl der Prädatorenarten | | | |
|-----------------------------|--|--|---|---|
| | <i>Coccinella septempunctata</i> Mittelwert | <i>Adalia bipunctata</i> Mittelwert | <i>Propylea 14-punctata</i> Mittelwert | <i>Chrysoperla carnea</i> Mittelwert |
| <i>Fagopyrum esculentum</i> | 0,09 a | 0,10 a | 0,01 a | 0,10 a |
| <i>Lupinus luteus</i> | 0,05 b | 0,06 b | 0,01 a | 0,10 a |
| Mischung | 0,10 a | 0,09 a | 0,01 a | 0,07 b |
| Kontrolle | 0,03 b | 0,03 b | 0,00 a | 0,03 b |

Werte in einer Spalte mit gegenüber der Kontrolle verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant von dieser bei $p \leq 0,05$ (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett)

Die durchschnittliche Aphidenzahl pro Salatpflanze war in den Varianten geringer als in der Kontrolle (Abb. 29), auch wenn diese Differenzen statistisch nicht abgesichert werden konnten. Die Unterschiede zwischen den Varianten blieben jeweils gering, mit leicht niedrigeren mittleren Befallsdichten in den Varianten mit *F. esculentum* und mit der Mischung. In allen Varianten war *M. persicae* die häufigste Art, gefolgt von *M. euphorbiae* und *N. ribisnigri*.

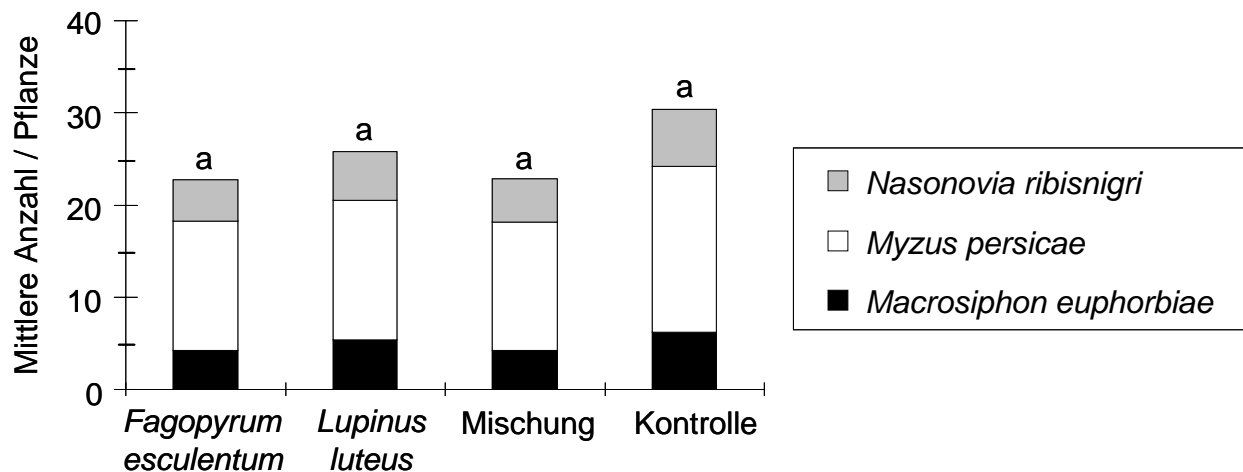


Abb. 29: Mittlere Anzahl Aphiden pro Salatpflanze in den drei Begleitpflanzungsvarianten und der Kontrolle mit Anteilen einzelner Aphidenarten im Jahr 2000 [unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Populationsdichten (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

3.2.2.4 Wildpflanzen in einer Kohlrabikultur

In allen drei Wildpflanzenvarianten war der Populationsverlauf der zusammengefassten Individuen der vier Prädatorenarten ähnlich, mit einem Anstieg bis Ende Juni und einem anschließenden Rückgang (Abb. 30). Auch wenn an den einzelnen Boniturterminen keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$), zeigte sich die Populationsdichte in der Kontrolle stellenweise nur halb so hoch wie in den Varianten mit Begleitpflanzungen.

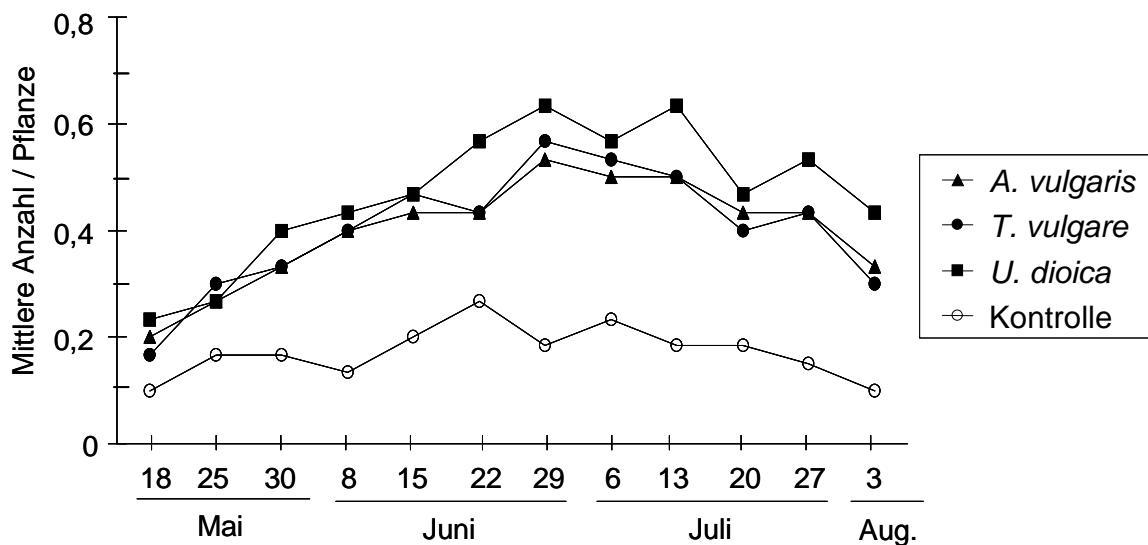


Abb. 30: Populationsverlauf der adulten Individuen von vier Prädatorenarten pro Kohlrabipflanze in den drei Wildpflanzenvarianten und der Kontrolle im Jahr 2000

In den Wildpflanzenvarianten wurden gegenüber der Kontrolle geringere Aphidenzahlen festgestellt. Insbesondere zum Zeitpunkt der höchsten Befallsdichte Ende Juni (Abb. 31) erreichte die Zahl der Aphiden in der Kontrolle mit 63,2 Ind. ein um mehr als ein Drittel höheres Niveau als in der Variante mit *A. vulgaris* mit 37,2 Ind. oder in der Variante mit *U. dioica* mit 35,1 Ind./Pflanze. Signifikant niedriger waren die Populationsdichten der Aphiden in den drei Varianten gegenüber der Kontrolle zwischen Anfang Juni und Mitte Juli (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Auffällige Differenzen zwischen den Varianten konnten nicht beobachtet werden. Grundsätzlich nahm die Bestandsentwicklung in Varianten und Kontrolle einen parallelen Verlauf, mit einem Populationsanstieg bis Ende Juni und einem anschließenden deutlichen Rückgang. Gegen Anfang und Ende des Versuchs konnten in der Kontrolle und in allen Varianten fast gleich hohe Aphidendichten registriert werden, mit etwa 7 Ind. Mitte Mai und ca. 5 Ind./Pflanze Anfang August. Auf den Kohlrabipflanzen wurden fast ausschließlich die Aphidenarten *M. persicae* und *Brevicoryne brassicae* (L.) (Homoptera, Aphididae) festgestellt.

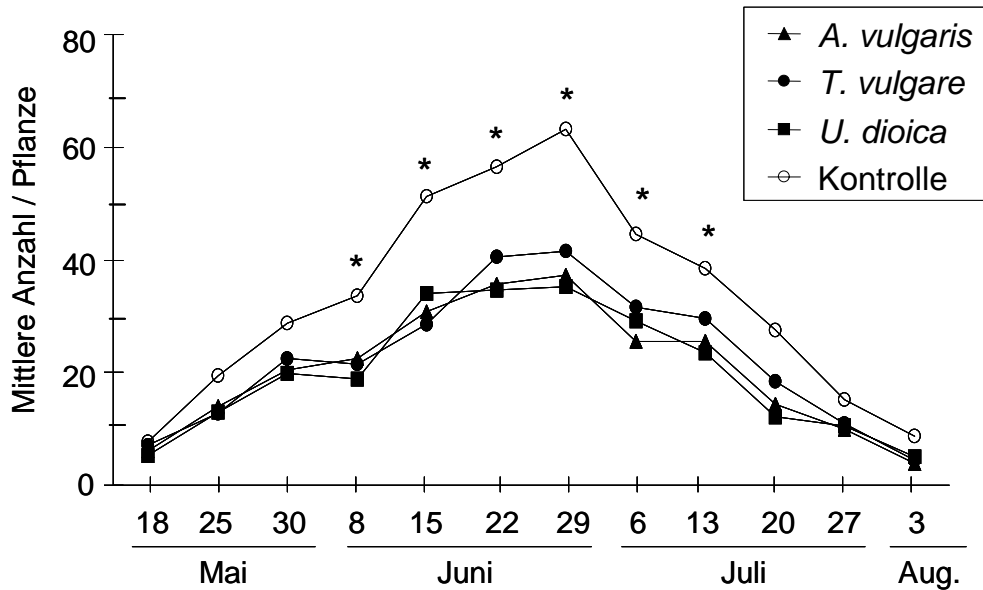


Abb. 31: Populationsverlauf der Aphiden pro Kohlrabipflanze in den drei Wildpflanzenvarianten und der Kontrolle im Jahr 2000 [signifikante Unterschiede der Kontrolle zu allen drei Varianten sind durch * gekennzeichnet (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

3.2.2.5 Gründungspflanzen in einer Kohlrabikultur

Die mittleren Dichten der vier Prädatorenarten auf den Kohlrabipflanzen ergaben für die drei Varianten deutliche Unterschiede gegenüber der Kontrolle (Abb. 32). Der Gesamtmittelwert mit 0,20 Ind. bei *F. esculentum*, 0,15 Ind. bei *L. luteus* bzw. 0,22 Ind. bei der Mischung unterschied sich in allen Varianten signifikant von demjenigen der Kontrolle mit 0,09 Ind./Pflanze (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Bei den einzelnen Arten konnten ebenfalls signifikante Unterschiede zwischen den Varianten und der Kontrolle beobachtet werden. So ergaben sich für *C. septempunctata* und *A. bipunctata* signifikante Differenzen der Varianten mit *F. esculentum* bzw. mit Mischung zur Kontrolle, nicht aber für die Variante mit *L. luteus*.

Die Prädatorenart *P. quatuordecimpunctata* trat in allen Varianten hingegen nur sehr selten bzw. in der Kontrolle überhaupt nicht auf (Abb. 32). Die Adulten von *C. carnea* konnten nur in der Variante „Mischung“ mit 0,07 Ind. signifikant häufiger als in der Kontrolle angetroffen werden (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$), während sich die Werte für die Dichten in den Varianten mit *F. esculentum* (0,02 Ind.) bzw. mit *L. luteus* (0,01 Ind.) nicht wesentlich von der Kontrolle mit 0,01 Ind./Pflanze unterschieden.

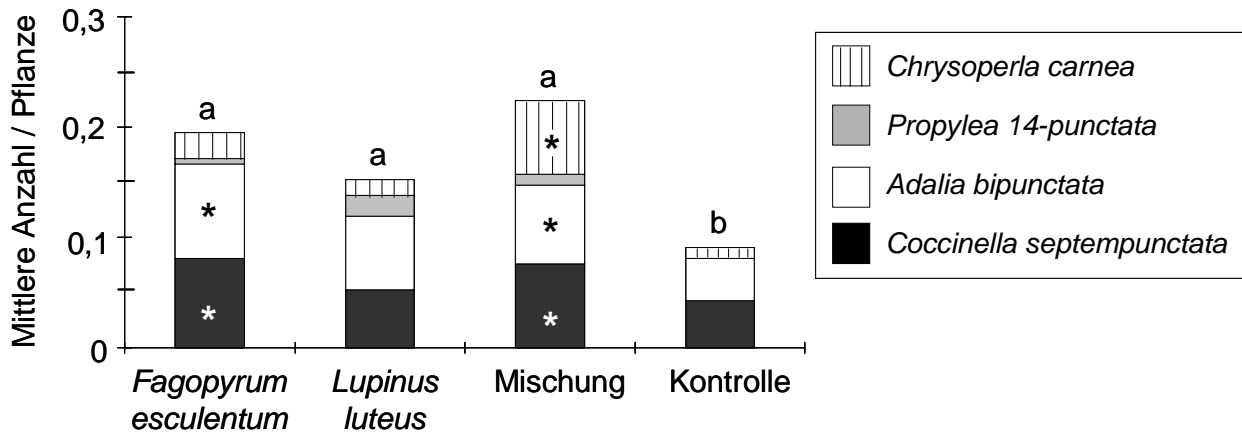


Abb. 32: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten pro Kohlrabipflanze in den drei Begleitpflanzungsvarianten und der Kontrolle im Jahr 2000 [unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtdichten der Prädatoren; signifikant verschiedene mittlere Anzahlen der Prädatorenarten gegenüber der Kontrolle sind durch * gekennzeichnet (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

Die mittlere Aphidenzahl pro Kohlrabipflanze, aufgeteilt auf die beiden Arten *B. brassicae* und *M. persicae*, lag in der Kontrolle deutlich höher als in den Varianten (Abb. 33), auch wenn diese Differenzen statistisch nicht abgesichert werden konnten. Die Unterschiede zwischen den Varianten blieben hingegen gering.

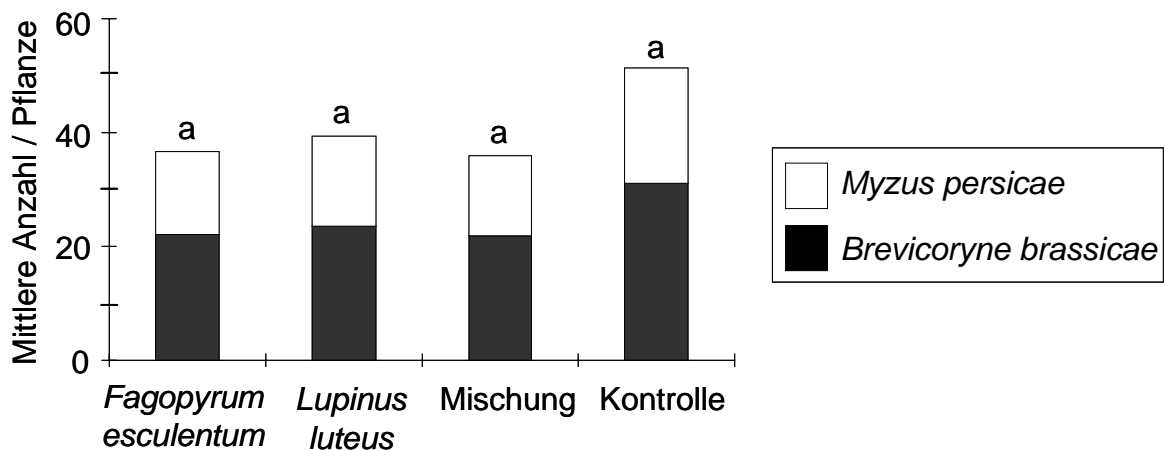


Abb. 33: Mittlere Anzahl Aphiden pro Kohlrabipflanze in den drei Begleitpflanzungsvarianten und der Kontrolle mit Anteilen zweier Aphidenarten im Jahr 2000 [unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Populationsdichten (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

In der Kontrolle wurden durchschnittlich 51,5 Aphiden pro Kohlrabipflanze gezählt, während es in der Variante „*F. esculentum*“ 36,6 Aphiden pro Pflanze waren (Abb. 33). Dagegen unterschied sich die mittlere Populationsdichte zwischen den Varianten nur geringfügig, mit einem leicht höheren Wert für die Variante „*L. luteus*“. Die häufigere der beiden Aphidenarten war *B. brassicae*, während *M. persicae* in geringerer Dichte auftrat. Das Häufigkeitsverhältnis beider Arten blieb in allen Varianten und in der Kontrolle annähernd gleich.

3.2.2.6 Zierpflanzen in einer Kohlrabikultur

Die mittleren Populationsdichten der vier Prädatorenarten waren auf den Kohlrabipflanzen aller Zierpflanzenvarianten signifikant höher als in der Kontrolle (Abb. 34). Allerdings gab es unter den fünf Varianten deutliche Unterschiede in ihrer Wirkung auf die Prädatoren. Während bei Begleitpflanzung mit *Malva* sp. ein durchschnittlicher Wert von 0,49 Ind. ermittelt wurde, waren es bei *G. globosa* 0,28 Ind. gegenüber 0,17 Ind./Pflanze in der Kontrolle. Die Werte für *Achillea* sp. mit 0,39 Ind., *A. majus* mit 0,38 Ind. und *C. moschata* mit 0,42 Ind./Pflanze unterschieden sich nicht sehr stark voneinander.

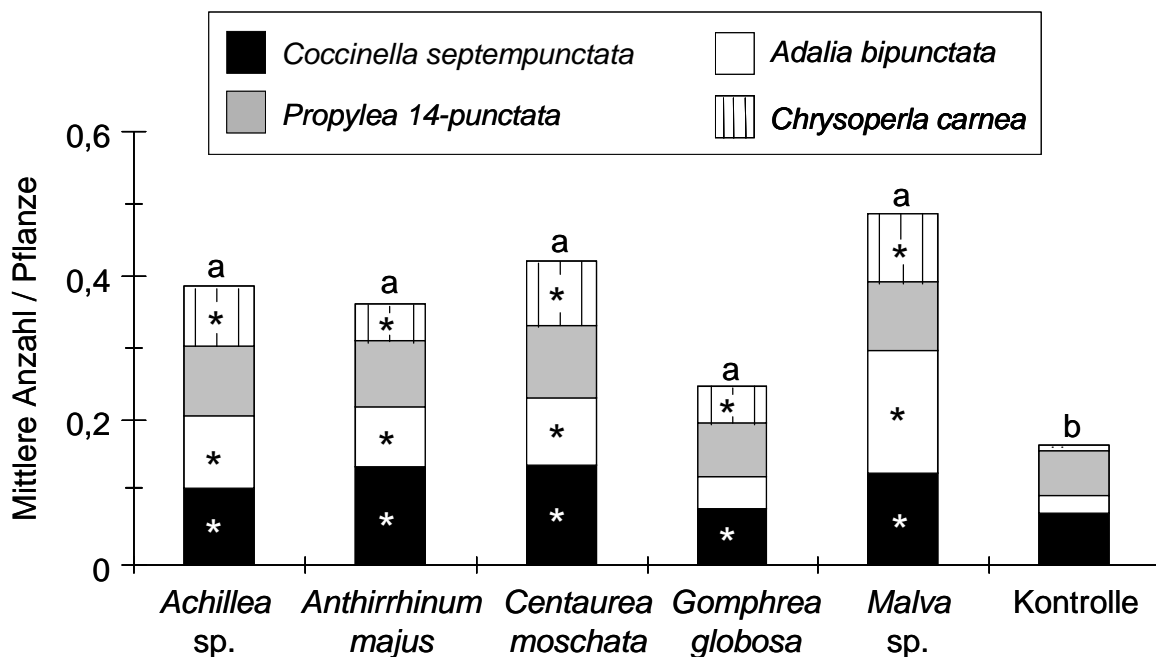


Abb. 34: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten pro Kohlrabipflanze in den Zierpflanzenvarianten und der Kontrolle im Jahr 2000 [unterschiedliche Buchstaben bezeichnen signifikant verschiedene Gesamtdichten der Prädatoren; signifikant verschiedene mittlere Anzahlen der einzelnen Arten gegenüber der Kontrolle sind durch * gekennzeichnet (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

C. septempunctata war in allen Varianten die häufigste Art, mit Ausnahme der Variante mit *Malva* sp., in der *A. bipunctata* mit 0,17 Ind. häufiger als *C. septempunctata* mit 0,13 Ind./Pflanze festgestellt wurde. Die höchsten Dichten von *C. septempunctata* konnten in den Varianten mit *A. majus*, *C. moschata* und *Malva* sp. beobachtet werden. *P. quatuordecimpunctata* trat in allen Varianten in fast gleicher Dichte von etwa 0,1 Ind./Pflanze auf. Auch die mittleren Dichten von *C. carnea* in den einzelnen Varianten ähnelten sich, wobei die Werte in den Varianten mit *C. moschata* und *Malva* sp. etwa bei 0,09 Ind./Pflanze lagen (Abb. 34).

Für *C. septempunctata* und *C. carnea* ergaben sich in allen Fällen signifikant höhere Populationsdichten gegenüber der Kontrolle (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$). Gleiches traf mit Ausnahme der Variante mit *G. globosa* auch für *A. bipunctata* zu. Die mittlere Dichte von *P. quatuordecimpunctata* unterschied sich hingegen in keinem Fall signifikant von derjenigen der Kontrolle.

3.2.2.7 Phacelie in einer Rotkohlkultur

Auch in den auf „Gut Ostler“ durchgeführten Versuchen konnte festgestellt werden, dass Begleitpflanzungen in Gemüsekulturen zu Populationserhöhungen bei Prädatoren und gleichzeitig zur Reduktion des Aphidenbefalls führten (Abb. 35). Alle vier untersuchten Prädatorenarten waren im Mittel bei Begleitpflanzung mit *P. tanacetifolia* deutlich häufiger als in der Kontrolle, für *C. septempunctata* und *C. carnea* waren diese Unterschiede signifikant (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$).

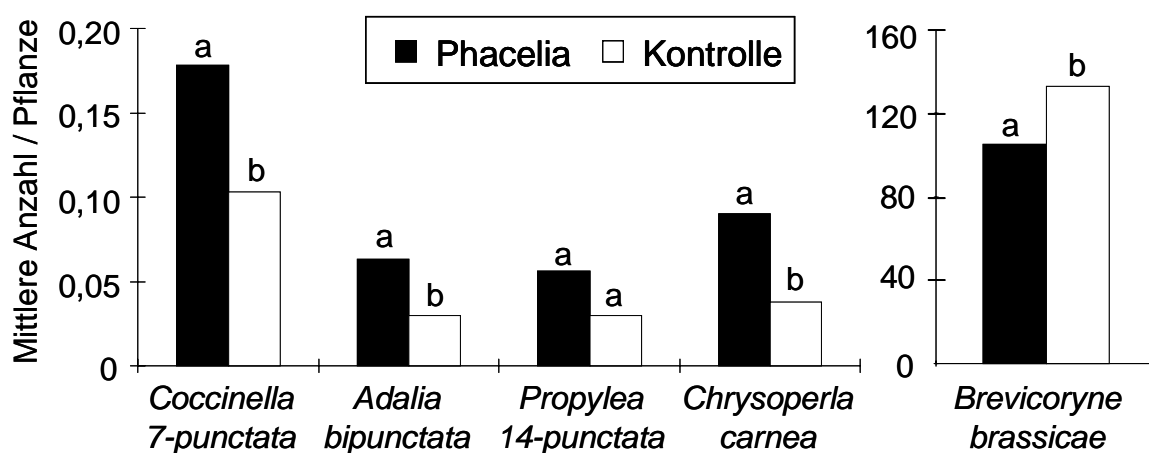


Abb. 35: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten bzw. der Aphidenart *Brevicoryne brassicae* pro Rotkohlpflanze bei Begleitpflanzung mit *Phacelia tanacetifolia* und in der Kontrolle [unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikant verschiedene Dichten zwischen Variante und Kontrolle (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett $p \leq 0,05$)]

Beispielsweise konnten von der häufigsten Art *C. septempunctata* in der Versuchsfläche mit *P. tanacetifolia* im Mittel 0,18 Ind. pro Rotkohlpflanze gegenüber 0,10 Ind./Pflanze in der Kontrolle ermittelt werden. Bei *A. bipunctata* (0,06 Ind. gegenüber 0,03 Ind./Pflanze) und *C. carnea* (0,04 Ind. gegenüber 0,09 Ind./Pflanze) war die Populationsdichte in der Versuchsfläche mehr als doppelt so hoch wie in der Kontrolle. Die Populationsdichte von *C. septempunctata* lag deutlich über den Werten der anderen Arten, während *A. bipunctata* und *P. quatuordecimpunctata* in etwa gleicher Dichte beobachtet wurden.

Während die Begleitpflanzung mit *P. tanacetifolia* zu einer erhöhten Prädatorendichte führte, war gleichzeitig die mittlere Populationsdichte von *B. brassicae* in der Kontrolle mit 133 Aphiden pro Pflanze signifikant höher (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$) als in der Variante mit Phacelie mit 105 Aphiden pro Pflanze (Abb. 35).

Die Populationsverläufe von Prädatoren und *B. brassicae* verdeutlichen die Erhöhung des Prädatorenbestandes bei gleichzeitiger Reduktion des Aphidenbefalls durch die Begleitpflanzung (Abb. 36). An fast allen Boniturterminen lag in der Variante mit *P. tanacetifolia* die Populationsdichte der Prädatoren über und die Aphidendichte unter den Werten für die Kontrolle (Abb. 36). Insgesamt verlief die Populationsentwicklungen über den Untersuchungszeitraum in beiden Fällen deutlich parallel. Sowohl für die Prädatoren als auch für die Aphiden ergaben sich an einzelnen Boniturterminen signifikant unterschiedliche Populationsdichten (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$).

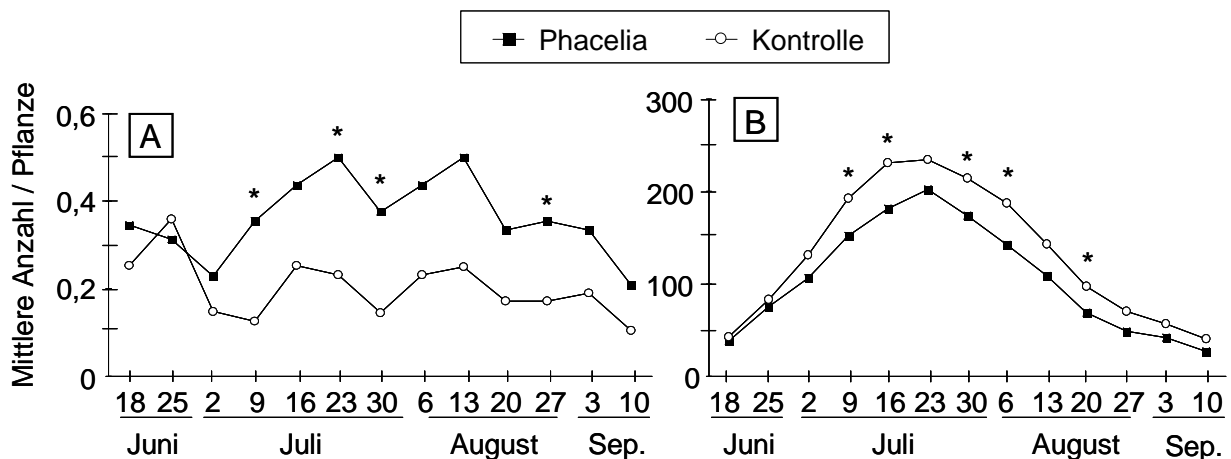


Abb. 36: Populationsverläufe von Prädatoren [A] und der Aphidenart *Brevicoryne brassicae* [B] pro Rotkohlpflanze bei Begleitpflanzung mit *Phacelia tanacetifolia* und in der Kontrolle im Jahr 1999 [jeweils signifikant verschiedene Populationsdichten zwischen Variante und Kontrolle sind mit * gekennzeichnet (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

3.2.2.8 Wildpflanzen in einer Rotkohlkultur

Die natürlicherweise auflaufenden Wildpflanzen hatten einen ähnlichen Effekt auf die Populationsdichte von Prädatoren und Aphiden wie die Begleitpflanzung mit *P. tanacetifolia*. Auch in diesem Fall war die Prädatorendichte erhöht und der Aphidenbefall reduziert (Abb. 37). Bis auf *C. carnea* ergaben sich für die untersuchten Prädatoren allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen Kontrolle und Wildpflanzen-Variante (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$).

Der Befallsgrad der Rotkohlpflanzen mit *B. brassicae* unterschied sich signifikant (Dunnett's Test, $p \leq 0,05$) zwischen der Parzelle mit Wildpflanzen und derjenigen, in der alle Wildpflanzen regelmäßig beseitigt wurden (Abb. 37). In der Wildpflanzenparzelle wurden im Mittel 119 Aphiden pro Rotkohlpflanze gezählt, in der Kontrolle waren es 157 Aphiden.

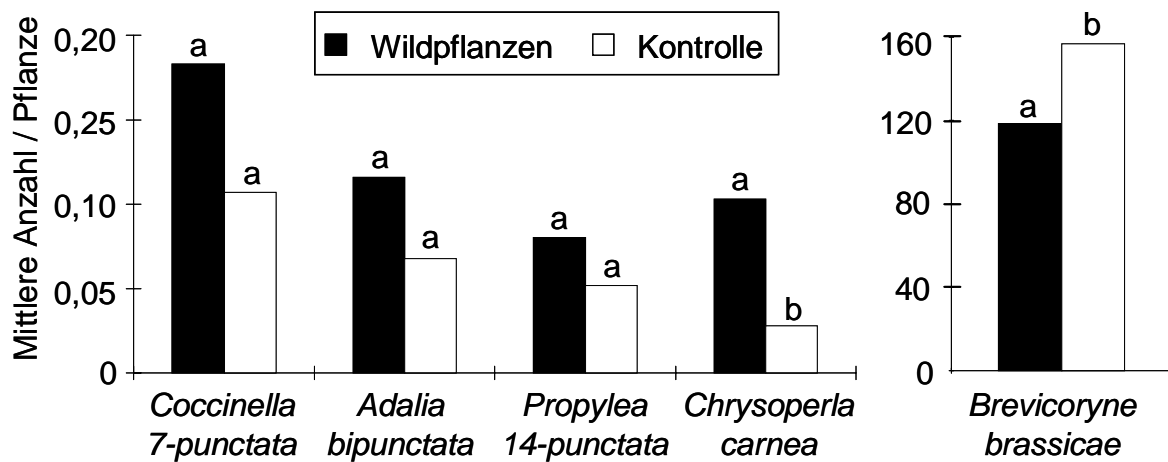


Abb. 37: Mittlere Anzahl adulter Individuen von vier Prädatorenarten bzw. der Aphidenart *Brevicoryne brassicae* pro Rotkohlpflanze in Parzellen mit und ohne Wildpflanzen [unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikant verschiedene Dichten zwischen der Variante mit den Wildpflanzen und Kontrolle (Multiple Comparison Procedures nach Dunnett, $p \leq 0,05$)]

4 DISKUSSION

Laborversuche zur Modifikation des vierarmigen Olfaktometers

Die Untersuchungen zur olfaktorischen Orientierung von Arthropoden (PAYNE et al. 1986, KEIL et al. 2001) umfassen neben Aspekten der Grundlagenforschung in erster Linie Fragen der medizinischen Entomologie, wie beispielsweise die Wirtsfindung von Krankheitsüberträgern (GEIER & BOECKH 1999). Daneben beschäftigen sie sich vor allem aber mit agrarwissenschaftlichen Themen. Im Hinblick auf die immer gravierenderen Anwendungs-, Akzeptanz- und Resistenzprobleme chemischer Pflanzenschutzmittel (KNAUER 1993), bekommen daher Untersuchungen, die sich mit den von olfaktorischen Reizen gesteuerten Verhaltensweisen von Nutz- und Schadarthropoden beschäftigen, eine immer größere Bedeutung (PAYNE et al. 1986, MURLIS et al. 1992). Insgesamt eröffnet die Erforschung der olfaktorischen Orientierung von Arthropoden somit eine Reihe von Möglichkeiten eines umweltgerechteren Pflanzenschutzes in der landwirtschaftlichen Praxis (JUSTUM & GORDON 1989, LEWIS & MARTIN 1990).

In Arbeiten mit Parasitoiden konnte bereits eine Vielzahl olfaktorischer Reaktionen auf unterschiedlichste Allelochemikalien (zur Nomenklatur chemischer Botenstoffe siehe DICKE et al. 1990) dargestellt werden, wobei die Wirte der Parasitoiden (COLAZZA et al. 1999), die von ihnen befallenen Pflanzen (VENZON et al. 1999) oder eine Kombination beider (RAO et al. 1999) als Quellen fungierten. Die Zahl entsprechender Olfaktometeruntersuchungen mit Prädatoren ist dagegen zur Zeit noch deutlich geringer, wobei der Schwerpunkt bisher in erster Linie bei den Reaktionen von Räubern auf die von ihren Beutetieren emittierten Allelochemikalien lag (SENGONCA & LIU 1994, PONSONBY & COPLAND 1995, SENGONCA et al. 1995a,b, BOO et al. 1998, DICKENS 1999). Daneben können auch die von den Wirtspflanzen der Beuteobjekte oder einer Kombination von beiden ausgehenden Allelochemikalien auf Prädatoren attraktiv wirken (DRUKKER et al. 1995, ZHU et al. 1999, SENGONCA & KRANZ 2001). Ebenso scheinen olfaktorische Reize bei der Habitatfindung eine stärkere Rolle zu spielen als bisher vermutet wurde (EVANS 1988, HATTINGH & SAMWAYS 1995).

Für die Ermittlung der olfaktorischen Orientierung von Arthropoden werden je nach Untersuchungsziel verschiedene Olfaktometer-Modelle eingesetzt (RAPUSAS et al. 1996, VENZON et al. 1999). Das hier beschriebene Olfaktometer basiert auf einem von DEAN & SATASOOK (1983) vorgestellten Grundmodell und stellt eine modifizierte Variante des von LIU & SENGONCA (1994) verwendeten Gerätes dar. Eine ausführliche Darstellung dieses Olfaktometers geben SENGONCA & KRANZ (2001). Die anhand von Vorexperimenten durchgeführten Modifikationen erwiesen sich zur Optimierung des Einsatzes dieses Olfaktometers als notwendig. So hatten beispielsweise äußere optische Einflüsse eine erhebliche Ablenkungswirkung auf die

Testindividuen (KIRSCHFELD 1971). Weiterhin war es notwendig, den äußeren Lichteinfall durch entsprechende Maßnahmen weitgehend auszuschalten. Hierzu wurde das gesamte Olfaktometer mit schwarzem Stoff umhängt. VENZON et al. (1999) beschreiben für das von ihnen eingesetzte Olfaktometer ebenfalls einen zeltähnlichen Umbau und auch GEIER & BOECKH (1999) verwendeten eine Umkleidung, um negative optische Effekte auszuschließen. Spiegelungen im Plexiglas des Gerätes führten ebenfalls zu negativen Beeinflussungen, was insbesondere bei *C. carnea* zu erkennbaren Abweichungen vom normalen Suchverhalten führte. Aus diesem Grund waren Arena und Fangröhren mit schwarzer Pappe ausgekleidet. Um versuchsbedingte Beeinflussungen noch weiter begrenzen zu können, wurde der Versuchsablauf nur alle fünf Minuten kontrolliert. Die Ausleuchtung des Olfaktometers erfolgte durch zwei Tageslichtleuchten mit einer Lichtstärke von jeweils 1000 Lux, was zur Simulation natürlicher Bedingungen auch von COLAZZA et al. (1999) empfohlen wird.

Die Maße der Zylinder zur Aufnahme der Duftquellen waren so gewählt, dass das Luftvolumen zum Transport der emittierten Allelochemikalien nicht zu gering war. Das Volumen pro Probenzylinder von 0,025 m³ (Höhe 0,5 m, Grundfläche 0,18 m²) entsprach einem ähnlichen Wert aus anderen Untersuchungen (SOUISSI 1999). Um einen gleichmäßigen Duftstrom durch alle Geräteteile aufbauen zu können, wurde das Olfaktometer vollständig luftdicht konzipiert. Insbesondere alle beweglichen Teile, wie beispielsweise die Hebebühne zum Einsatz der Testindividuen, waren mit Dichtungsringen versehen oder mit emissionsarmen Material abgedichtet. Die Verwendung einer vergleichsweise starken Pumpe sowie von Durchflussreglern verhinderte eine unregelmäßige Strömung und sorgte für eine gleichmäßige Verteilung der Allelochemikalien im Olfaktometer.

Die zentrale Arena wurde mit ihrer Hebebühne so konzipiert, dass die Testindividuen allen vier Duftströmen direkt und in gleicher Weise ausgesetzt waren (RAPUSAS et al. 1996). Zu diesem Zweck verwendeten GONZALES et al. (1999) ebenfalls eine zentrale Arena, ohne allerdings auf das Einsetzen der Testindividuen genauer einzugehen. Alternativ zur Hebebühne benutzten PONSONBY & COPLAND (1995) eine kleine Kammer. Insbesondere für die Coccinelliden erwies sich die hier verwendete Hebebühne im Hinblick auf eine schnelle Versuchsdurchführung als ausreichend. Die Verwendung gut entleerbarer Fanggefäße erleichterte die Zuordnung der Testindividuen zu einer der Duftquellen und diente daher als Maß für deren olfaktorische Attraktivität. In Versuchen mit Y-Olfaktometern wird dagegen oft die von den Individuen im Gerät zurückgelegte Strecke als Kriterium für deren Aktivität gewertet (DEAN & SATASOOK 1983).

Unter den auf ihre Verwendbarkeit im vorliegenden Olfaktometer überprüften Arthropoden erwiesen sich Arten wie beispielsweise die Blumenwanzen der Familie Anthoridae als zu klein oder nur schlecht handhabbar. Für kleine und empfindliche Arten, wie viele Parasitoide, oder

häufig fliegende Insekten, beispielsweise die Syrphiden, sind daher andere Olfaktometer-Modelle besser geeignet (DWUMFOUR 1992, COLAZZA et al. 1999). Die verwendeten Prädatorenarten *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* ließen sich hingegen gut handhaben. Außerdem gilt ihre Zucht als vergleichsweise problemlos (HASSAN 1975, HODEK & HONEK 1996) und durch ihre Häufigkeit in vielen Habitaten standen ausreichend Freilandfänge zur Verfügung.

Laborversuche zur olfaktorischen Attraktivität verschiedener Duftquellen

Die vier Prädatorenarten erwiesen sich an Hand ihrer Reaktionen auf die Duftquellen „Blattläuse“, „Ackerbohne“ und „Ackerbohne + Blattläuse“ (SENGONCA & KRANZ 2001) als geeignet für weitere Olfaktometerversuche. Dies zeigt, dass die olfaktorischen Reaktionen dieser Arten in einem hierfür konzipierten Gerät veranschaulicht werden können (SENGONCA et al. 1995a,b, BOO et al. 1998, ZHU et al. 1999, NINKOVIC et al. 2001). Insbesondere die Duftquellen „Blattläuse“ und „Ackerbohne + Blattläuse“ bewirkten bei allen vier Arten eine hohe Zahl positiver Reaktionen (Abb. 9, Abb. 10). Daneben erwies sich auch die Duftquelle „Ackerbohne“ als erstaunlich attraktiv, was im Gegensatz zu den Beobachtungen von NINKOVIC et al. (2001) steht, die keinen erkennbaren olfaktorischen Einfluss der getesteten Pflanzen auf die Art *C. septempunctata* registrieren konnten. Zusätzlich wird eher bei Parasitoiden von einer stärkeren olfaktorischen Attraktionswirkung durch die Nahrungspflanzen von Wirten ausgegangen (ROMEIS et al. 1997, RAO et al. 1999). Auffallend hoch blieb allerdings in allen Fällen der Anteil der Individuen, die in der Arena verblieben oder die der Leerprobe zugeordnet wurden. Dies lässt vermuten, dass die olfaktorische Orientierung von Prädatoren wenig zielgerichtet ist und Hindernisse - im vorliegenden Fall die engen Fangröhren des Olfaktometers - sich stärker auswirken können als bei Parasitoiden. Für diese Annahme sprechen auch die Ergebnisse der Gruppenversuche (Abb. 11), in denen möglicherweise eine gegenseitige Ablenkung der Testindividuen mit Überlagerung der Duftstoffe durch artspezifische Pheromone vorlag (PAYNE et al. 1986).

Eine etwas geringere Anzahl positiver Reaktionen im Vergleich zu den Freilandfängen zeigten die Laborzuchten von *C. septempunctata*. Möglicherweise deutet dies auf eine Art Konditionierung der Zuchtindividuen auf das ständig vorhandene Futterangebot mit seinen spezifischen Allelochemikalien hin, was die zur Beutesuche notwendige Mobilität reduzierte. Dies bestätigt die „optimal foraging theory“ von WARD (1992), nach der Aufwand und Ziel der Nahrungssuche im energetisch günstigsten Verhältnis zueinander stehen sollten. Aufgrund dieser Beobachtung wurden die Freilandfänge nach einer gewissen Zeit in die Laborzuchten überführt, was die Zahl der mit ihnen durchgeführten Versuche reduzierte. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die

meisten Testindividuen bereits in den ersten 30 Minuten nach Versuchsbeginn auf die Duftquellen reagiert hatten (Abb. 12). Hierdurch konnte die Einzelversuchsdauer pro Individuum begrenzt werden, was einen Kompromiss zwischen der Zahl der Einzelversuche und einer optimalen Versuchsdauer ermöglichte. Anhand dieser Ergebnisse kann somit für olfaktorische Untersuchungen angenommen werden, dass bei einer Attraktionswirkung durch Allelochemikalien bei der Mehrzahl der reaktionsbereiten Zielorganismen eine schnelle Reaktion erfolgt.

Für die artspezifische Hungerdauer mit ihrem erheblichen Einfluss auf die Aktivität von Insekten (CURIO 1976) nahm der Anteil positiver Reaktionen der Testindividuen bis zu einem Höchstwert zu, um anschließend wieder deutlich zurückzugehen. Die meisten Individuen von *C. septempunctata* reagierten nach einer Hungerdauer von sechs Stunden, während bei kürzerer oder längerer Zeitspanne die Reaktionsfähigkeit entsprechend reduziert war (Abb. 14). Die Länge der Hungerdauer bei den übrigen Arten war im Vergleich kürzer. So ergaben sich für *C. carnea* ein bis zwei Stunden als optimale Zeit. Die Gründe hierfür dürften physiologischen Ursprungs sein (NAKAMUTA 1987). Die Ergebnisse bestätigen die Resultate weiterer Untersuchungen mit einer von der jeweiligen Hungerdauer abhängigen Aktivität von Larven und Adulten verschiedener Prädatorenarten (CLOAREC 1990, SCOTT & BARLOW 1990, SENGONCA & LIU 1994, SENGONCA et al. 1995a). Für die Adulten der in dieser Untersuchung getesteten drei Coccinelliden-Arten ergaben sich allerdings optimale Hungerdauern, die deutlich kürzer waren als beispielsweise die von SENGONCA et al. (1995a) für *Cryptolaemus montrouzieri* (Col., Coccinellidae) ermittelten.

Die Zahl der weiblichen Testindividuen, die auf die angebotenen Duftquellen reagierten, war etwas höher als die der männlichen Individuen, was möglicherweise auf die von weiblichen Prädatoren für die Eiproduktion benötigte Nährstoffmenge zurückzuführen ist (RHAMHALINGHAN 1985). Zusammenfassend bleibt aber festzuhalten, dass die Reaktionen von männlichen und weiblichen Individuen bei keiner der Prädatorenarten auffällig divergierten. Vor allem bei *C. septempunctata* traten keine auffälligen geschlechtsspezifischen Unterschiede hinsichtlich der Attraktionswirkung bestimmter Duftquellen auf (Abb. 16). Bei den drei übrigen Arten zeigten die weiblichen Individuen eine leicht erhöhte Aktivität bei zwei der Duftquellen, während der Anteil der männlichen Individuen ohne erkennbare Antwort auf die angebotenen Duftquellen größer war.

Eindeutige altersbedingte Reaktionsunterschiede traten ebenfalls nicht auf. Insbesondere bei *C. septempunctata* ergaben sich kaum altersspezifische Differenzen in den Reaktionen auf die angebotenen Duftquellen (Abb. 17). Somit fehlte auch ein generell höheres Reaktionsvermögen einer bestimmten Altersgruppe. Auffallende Unterschiede traten bei *A. bipunctata* ebenfalls nicht auf, allerdings wirkten sich hier die emittierten Duftstoffe auf die jüngeren Individuen etwas

deutlicher aus. Bei *P. quatuordecimpunctata* waren die Ergebnisse uneinheitlicher, bei einer leicht höheren Wirkung der Duftquellen auf die älteren Individuen, mit Ausnahme der Probe „Ackerbohne + Blattläuse“. Eine etwas deutlichere Aktivität der älteren Exemplare konnte auch bei *C. carnea* festgestellt werden. Ob letztlich artspezifische, physiologische Gründe bei diesen Prädatorenarten unterschiedlich deutliche Reaktionen bewirken können, ließ sich anhand der Untersuchungen nicht ermitteln.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass es gerichtete Reaktionen der Prädatoren *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* auf Blattläuse und Ackerbohnen als Allelochemikalienquellen gibt. Dies bestätigen weitere Untersuchungen zur olfaktorischen Orientierung von Prädatoren wie Coccinelliden (HATTINGH & SAMWAYS 1995, NINKOVIC et al. 2001), Chrysopiden (SENGONCA et al. 1995a, BOO et al. 1998), Raubthripsen (SHIMODA et al. 1997) oder Raubwanzen (SCUTAREANU et al. 1997). Derartige Verhaltensweisen können mit einem Olfaktometer verdeutlicht werden, wobei sich das hier beschriebene Modell als gut geeignet für die Ermittlung der olfaktorischen Reaktionen adulter polyphager Prädatoren (Coccinelliden, *C. carnea*) erwiesen hat. Olfaktorisch attraktive Duftquellen bzw. die diese Wirkung hervorrufenden Substanzen können als Attraktions- und Arreststimuli außerdem eine potentielle Anwendungsmöglichkeit in der biologischen Schädlingsbekämpfung finden. Eine Zusammenstellung derartiger Wirkmechanismen gibt KENNEDY (1978), der zudem das praxisorientierte grundlegende Konzept von „arrestment“ und „attraction“ beschreibt. Hiernach können Substanzen, die Nützlinge anlocken und in Nutzpflanzenbeständen halten, eine erhebliche Bedeutung als Pflanzenschutzmaßnahme erlangen. Beispiele für einen derartigen Einsatz olfaktorisch wirksamer Substanzen in landwirtschaftlichen Kulturen gibt es beispielsweise für Syrphiden (BUDENBERG & POWELL 1992), Chrysopiden (DEAN & SATASOOK 1983, McEWEN et al. 1993) oder Coccinelliden (EVANS & RICHARDS 1997).

In der vorliegenden Arbeit sollte mit Hilfe des Olfaktometers ermittelt werden, ob die vier Prädatorenarten *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* auf die von Pflanzen emittierten Duftstoffe reagieren. Nicht zuletzt könnte dies eine Ursache für die unterschiedlichen Populationsdichten dieser Prädatorenarten auf verschiedenen Pflanzenarten sein (PERRIN 1975, FREI & MANHART 1992, SCHMID 1992). Eine solche olfaktorische Attraktivität durch Pflanzen konnte bisher u. a. für die Wirkung von *Urtica dioica* (Brennnessel), *Salix caprea* (Salweide) und *Lycopersicon esculentum* (Tomate) auf Anthocoriden nachgewiesen werden (DWUMFOUR 1992). Für räuberische Coccinelliden ist bereits ebenfalls eine Anlockung durch Pflanzenduftstoffe beschrieben worden (KESTEN 1969), so dass ein derartiger Effekt auch auf die in dieser Untersuchung getesteten Prädatorenarten zu erwarten war. Bei diesen Versuchen zeigte sich, dass die untersuchten Insektenarten unterschiedlich deutlich auf die ein-

gesetzten Pflanzen reagierten. Arten, die sich als besonders attraktiv für die vier Prädatorenarten erwiesen, werden auch von anderen Autoren als derartig wirkende Pflanzen beschrieben, so z. B. *Urtica dioica* (DWUMFOUR 1992). Andere Pflanzen, beispielsweise *Lycopersicon esculentum*, werden von Coccinelliden olfaktorisch deutlich gemieden (NORDLUND et al. 1984), was in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden konnte (Tab. 12). Eine olfaktorische Bevorzugung bestimmter Pflanzenfamilien konnte hingegen nicht beobachtet werden. Grundsätzlich nicht auszuschließen ist eine zusätzliche starke olfaktorische Reizwirkung der in den Blüten lokalisierten Duftstoffe, da in der vorliegenden Untersuchung ausschließlich nicht blühende Pflanzen verwendet wurden.

Ein Ziel dieser Arbeit war die Beschreibung der von kompletten Pflanzen ausgehenden Attraktionswirkung auf Prädatoren. In einem nächsten Schritt wäre zu überprüfen, welche Inhaltsstoffe diese Reaktionen bewirken, wie es ZHU et al. (1999) für die Reaktion von *C. carnea* auf die aus *Nepeta cataria* (Echter Katzenminze) isolierten Substanzen getan haben. Zudem wäre zu klären, warum ein Prädatör überhaupt auf die von Pflanzen emittierten Allelochemikalien reagiert. Viele zoophag Insekten benötigen für eine optimale Entwicklung neben tierischer Nahrung auch pflanzliche Substanzen, wie z. B. Pollen und Nektar (JERVIS & KIDD 1996). Daher zeigen sie eine zielgerichtete Orientierung auf die entsprechenden Pflanzenarten, die u. a. olfaktorisch hervorgerufen sein kann. Insbesondere Apiaceen üben eine erhöhte Attraktivität auf Insekten aus (FREI & MANHART 1992), was in dieser Arbeit für *Daucus carota* (Wilde Möhre) und *Pastinaca sativa* (Pastinak) bestätigt werden konnte, für *Anthriscus sylvestris* (Wiesenkerbel) jedoch nicht zutraf (Tab. 10). Andererseits erwiesen sich Pflanzen wie *Alliaria petiolata* (Knoblauchsrauke), mit ähnlichen Inhaltsstoffen wie die von *Allium sativum* (Knoblauch), von dem eine Reppellent-Wirkung auf Nützlinge bekannt ist (NASSEH 1982), im Olfaktometer ebenfalls als unattraktiv (Tab. 10). Ein weiterer Grund für eine pflanzenspezifische olfaktorische Attraktionswirkung auf Prädatoren könnten die mit diesen Pflanzen assoziierten Phytophagenkomplexe sein, weswegen einzelne Pflanzenarten von Prädatoren gezielt zur Nahrungssuche aufgesucht werden. Gerade Arten wie *Tanacetum vulgare* (Rainfarn), *Artemisia vulgaris* (Beifuß) und *Urtica dioica* (SCHMITZ 1996) oder *Medicago sativa* (Luzerne) (MILNE & BISHOP 1987) beherbergen einen artenreichen Phytophagenkomplex mit guten Nahrungsbedingungen für Prädatoren, durch die indirekt die Pflanze selbst für einen Prädatör attraktiv wird.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass adulte Coccinelliden und Chrysopiden in den Olfaktometerversuchen deutlich unterschiedlich auf Pflanzen als Duftquellen reagiert haben. Hierbei zeigten wiederum die drei Coccinelliden-Arten tendenziell ähnliche Aktivitäten auf die Duftquellen, während bei den Testindividuen von *C. carnea* teilweise etwas größere Differenzen zu den Coccinelliden festgestellt werden konnten. Beispielsweise bewirkte *Artemisa vulgaris* als

Duftquelle bei den Adulten der drei Käferarten eine deutlichere stärkere Aktivität als bei *C. carnea*, während andererseits die Florfliegen stärker auf *Salvia pratensis* (Wiesensalbei) und *Tanacetum vulgare* reagierten (Tab. 10). Auch die Verwendung von Zierpflanzen als Duftquellen im Olfaktometer verdeutlichte die unterschiedlichen Attraktionswirkungen verschiedener Pflanzenarten. Während *Antirrhinum majus* (Löwenmäulchen), *Lathyrus odoratus* (Gartenwicke) und *Tropaeolum majus* (Kapuzinerkresse) auf alle getesteten Prädatorenarten eine hohe Attraktionswirkung ausübten, bewirkte eine Pflanzenart wie *Viola* sp. (Hornveilchen) nur eine sehr geringe Wirkung, beispielsweise auf *C. septempunctata* oder *A. bipunctata* (Tab. 13).

Derartig divergierende olfaktorische Attraktionswirkungen können somit ein Grund für die unterschiedlichen Populationsdichten dieser Prädatorenarten auf verschiedenen Pflanzen sein (FREI & MANHART 1992, SCHMID 1992). Olfaktometerversuche können letztlich dazu beitragen, gezielt Pflanzen mit hohen olfaktorischen Attraktionspotentialen zu ermitteln, um Nützlingspopulationen in Kulturen durch Anpflanzen oder Dulden derartiger wirkender Begleitpflanzen zu erhöhen (LANDIS et al. 2000). In diesem Sinne kann zudem das Zusammenwirken mehrerer Faktoren ausgenutzt werden, neben einer olfaktorischen Wirkung ein optischer Einfluss (MOLTAHN & RUPPERT 1988), sowie das Anbieten von pollen- und nektarreichen Pflanzen (WEISS & STETTMAR 1991) oder solchen mit zusätzlichen Beuteobjekten (HONEK 1981). Durch gezielte Anlage und Pflege der Begleitpflanzung kann die Wirkung einer derartigen Pflanzenauswahl zusätzlich optimiert werden (NUNNENMACHER 1998).

Freilandversuche zur Nützlingsförderung mit Begleitpflanzungen

Basierend auf den Ergebnissen der Laboruntersuchungen sollte in Feldversuchen ermittelt werden, ob Pflanzenallelochemikalien die Populationsdichten von Prädatoren auf verschiedenen Pflanzenarten (PERRIN 1975, FREI & MANHART 1992, SCHMID 1992) oder die durch Begleitpflanzungen verursachten Bestandserhöhungen in landwirtschaftlichen Kulturen (BUGG et al. 1987) beeinflussen können. Hierzu wurden in den Feldversuchen vor allem die Populationen adulter Individuen von *C. septempunctata*, *A. bipunctata*, *P. quatuordecimpunctata* und *C. carnea* sowie als weiterer Parameter die Bestände pflanzenspezifischer Aphiden erfasst. Bereits SCHMID (1992) äußerte die Vermutung, dass Pflanzeninhaltsstoffe zu einer Attraktion von Coccinelliden beitragen, wobei er dies als einen Grund für die von ihm auf verschiedenen Pflanzenarten beobachteten unterschiedlichen Populationsdichten dieser Prädatoren angibt. SHAH (1983) konnte zeigen, dass *C. septempunctata* und *A. bipunctata* bevorzugt die Substrate zur Eiablage aufsuchten, die mit Extrakten von *Berberis vulgaris* (Berberitze) behandelt waren. BOLDYREV & WILDE (1969) erzielten bei Coccinelliden mit dem Extrakt von *Juniperus virginiana* (Wacholder) einen ähnlichen Effekt und IPERTI & PRUDENT (1986) beobachteten bei

A. bipunctata eine Vorliebe für die Düfte von *Cupressus sempervirens* (Zypresse) und *Foeniculum vulgare* (Fenchel). FLINT et al. (1979) beschreiben schließlich die hohe Attraktionswirkung von Pflanzeninhaltsstoffen aus der Gruppe der Caryophyllene auf Chrysopiden.

Die Schachbrettversuche unter Verwendung von verschiedenen Pflanzen mit divergierenden olfaktorischen Attraktionswirkungen (KRANZ & SENGONCA 2001) ergaben, dass diese Arten unterschiedliche Populationsdichten von Prädatoren und Aphiden aufwiesen. So konnten auf *Urtica dioica* oder *Artemisia vulgaris* deutlich mehr Prädatoren als auf *Linum usitatissimum* (Lein) oder *Alliaria petiolata* festgestellt werden (Abb. 21). Dass hingegen eine vielfältige Vegetation nicht unbedingt ausschlaggebend für eine hohe Nützlingsdichte ist, zeigten die Ergebnisse aus den Parzellen mit Spontanaufwuchs. Obwohl mehrere Pflanzenarten zusammen vorkamen, waren die Prädatorendichten niedriger als in Reinbeständen einiger anderer Arten. Ein weiterer Grund für die auf den einzelnen Pflanzenarten beobachteten Populationsdichten war das unterschiedliche Angebot an Beuteobjekten. Insbesondere auf *Centaurea cyanus* (Kornblume), *Tanacetum vulgare* oder *Matricaria chamomilla* (Echte Kamille) konnten hohe Bestände jeweils pflanzenspezifischer Aphidenarten beobachtet werden (BLACKMAN 1974). Auf Änderungen in deren Populationsdichten reagierten die Prädatoren in parallelen Populationsverläufen (BASEDOW 1982). Dies verdeutlicht die Bedeutung dieser Pflanzenarten als Nahrungsreservoir für Prädatoren (KLAUSNITZER 1966), weshalb sie auch als Begleitpflanzungen im Sinne des biologischen Pflanzenschutzes eingesetzt werden können (NUNNENMACHER 1998). Die Versuche ergaben zudem, dass das Vorhandensein von Blüten einen Einfluss auf den Prädatorenbestand hatte. Coccinelliden reagieren beispielsweise verstärkt auf blühende Exemplare von *Chrysanthemum leucanthemum* (Margerite), *Matricaria chamomilla* oder *Tanacetum vulgare* (SCHMID 1992). Dies konnte in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden (Abb. 21). So wurden adulte Coccinelliden erst mit dem Auftreten von Blüten auf *Chrysanthemum leucanthemum* häufiger festgestellt. Dieser Umstand zeigt, dass der in den Blüten lokalisierte Pollen bzw. Nektar von essentieller Bedeutung für die Coccinelliden ist (SCHUSTER et al. 1976) und ebenfalls eine olfaktorische Attraktionswirkung haben kann. Auf abgestorbenen Pflanzenbeständen konnten adulte Coccinelliden und Chrysopiden hingegen kaum beobachtet werden. Dies könnte im Fehlen von Beuteobjekten und essentiellen Pflanzenbestandteilen begründet gewesen sein, jedoch auch durch das Fehlen frischen Pflanzenmaterials mit seinen olfaktorischen Reizen verursacht worden sein. Der Deckungsaspekt einzelner Pflanzen war sicherlich ebenfalls von Bedeutung, da gerade hoch- und dichtaufwachsende Stauden wie *Artemisia vulgaris* oder *Tanacetum vulgare* deutlich höhere Prädatorenpopulationen aufwiesen.

Unter Beachtung all dieser Ursachen zur Attraktivität von Pflanzen bleibt dennoch die Übereinstimmung von Labor- und Freilandergebnissen zur olfaktorischen Reizwirkung, auch unter Hin-

zunahme von Literaturangaben (FREI & MANHART 1992, SCHMID 1992, NENTWIG 1998, 2000). Pflanzenarten, die im Labor eine stärkere olfaktorische Attraktionswirkung auf bestimmte Prädatoren zeigten (KRANZ & SENGONCA 2000, 2002), wiesen im Freiland höhere Populationsdichten dieser Arten auf. Derartige Korrelationen ergaben sich u. a. für *Artemisia vulgaris*, *Medicago sativa*, *Tanacetum vulgare* oder *Matricaria chamomilla*. Dies unterstreicht die von FREI & MANHART (1992) sowie SCHMID (1992) herausgestellte Bedeutung dieser Pflanzenarten für die Nützlingsförderung. Andererseits gab es auffällige Ausnahmen von diesen Beobachtungen. *Centaurea cyanus* hatte im Labor nur eine relativ geringe Wirkung auf die Testindividuen. In den Feldversuchen waren die Bestände der Art jedoch sehr dicht mit Prädatoren besetzt, was auch von SCHMID (1992) bestätigt wird. Ursache hierfür war der Massenbefall von *Centaurea cyanus* mit der Aphidenart *U. jaceae*, worauf die Prädatoren direkt mit höheren Populationsdichten reagiert haben. Andererseits war *Alliaria petiolata* nur gering mit Prädatoren besetzt, trotz Befalls mit *M. persicae*. SCHMID (1992) führt dies auf den Geruch dieser Pflanze zurück, wodurch sich ein Anhaltspunkt für eine in diesem Falle negative olfaktorische Orientierung von Prädatoren auf Pflanzenduftstoffe ergibt. Aus diesem Grunde bewirkte *Alliaria petiolata* im Labor ebenfalls nur wenige Reaktionen bei den Testindividuen. Auch für *C. carnea* kann nach den vorliegenden Ergebnissen von einer Attraktionswirkung durch Pflanzen ausgegangen werden. NENTWIG (1998) vermutet dies ebenfalls, während DUELLI (1984) keine direkten olfaktorischen Interaktionen zwischen Chrysopiden und Pflanzen sieht. Die Ergebnisse der Freilandversuche lassen insgesamt betrachtet dennoch die Annahme zu, dass sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe eine anziehende oder abstoßende Reizwirkung auf Prädatoren haben. SCHMID (1992) führt die von ihm beobachteten hohen Populationsdichten von Prädatoren, auch auf Pflanzen ohne Aphiden, ebenfalls auf die Wirkung pflanzenspezifischer Duftstoffe zurück.

Von größerer praktischer Relevanz ist sicherlich die Fragestellung, ob auf Nützlinge attraktiv wirkende und als Begleitpflanzung eingesetzte Pflanzenarten die Populationsdichte von Prädatoren in Gemüsekulturen erhöhen und somit den Befall mit Schadorganismen reduzieren können. *Medicago sativa* als Begleitpflanzung in Buschbohnenbeständen erwies sich beispielsweise als durchaus geeignet, die Populationsdichte von Prädatoren zu erhöhen. Die Zahl der Prädatoren auf den Buschbohnen war bei streifen- und rahmenförmiger Begleitpflanzung deutlich höher als in der Kontrolle. Dies führte in Folge zu einer stellenweise signifikanten Reduktion des Aphidenbefalls. Einen ähnlichen Effekt durch *Medicago sativa* als Begleitpflanzung erzielten CORBETT et al. (1991), MAREDIA et al. (1992) und YU-HUA et al. (1997), zumal *Medicago sativa* generell eine vergleichsweise hohe Populationsdichte an Prädatoren aufweist (NENTWIG 1998). HONEK (1982) gibt als Ursache hierfür die Rückzugsmöglichkeiten an, welche *Medicago sativa* als Dauerkultur den Prädatoren bietet. Zudem stellt *Medicago sativa* als Wirtspflanze von *A. pisum* ein zusätzliches Nahrungsreservoir für Blattlausprädatoren dar (EKBOM 1994).

Die Populationen der untersuchten Prädatorenarten waren in beiden Versuchsjahren sehr hoch (Abb. 24), verglichen mit den Angaben ähnlicher Untersuchungen (LAPCHIN et al. 1987, NUNNENMACHER 1998). Eine Ursache dürfte die Kulturenvielfalt auf dem Versuchsfeld sowie die Diversität der umgebenden Vegetation gewesen sein. Zudem ermöglichte das Absuchen der kompletten Pflanzen eine nahezu vollständige Erfassung der Prädatoren (BECHINSKI & PEDIGO 1982). Viele Coccinelliden gehören außerdem zu den sogenannten r-Strategen und neigen zum Massenaufreten auf Pflanzen wie *Medicago sativa* (DICKSON et al. 1955) oder *Urtica dioica* (MAJERUS 1994). Einen interessanten Unterschied ergab der Vergleich der Untersuchungsjahre 1999 und 2000. In beiden Jahren erhöhte *Medicago sativa* die Prädatorenpopulation, doch war die des Jahres 2000 fast doppelt so hoch wie im Jahr 1999. Möglicherweise war auf *Medicago sativa* als winterüberdauernder Pflanze bereits zu Versuchsbeginn 2000 ein Nützlingsreservoir vorhanden, das eine schnelle Besiedlung der Bohnenpflanzen ermöglichte. Diese Feststellung bestätigt die Bedeutung mehrjähriger Vegetationsstrukturen wie *Medicago sativa* (HONEK 1982) als Überwinterungsquartiere für Nützlinge (THOMAS et al. 1991). In beiden Jahren war *C. septempunctata* die häufigste Coccinelliden-Art, was typisch für Agrarökosysteme ist (HONEK 1982). Die beiden übrigen Arten, *A. bipunctata* und *P. quatuordecimpunctata*, hatten im Jahr 1999 fast identische Populationsdichten, während letztgenannte Art im Jahr 2000 deutlich häufiger auftrat als *A. bipunctata*. *Medicago sativa* als Überwinterungsquartier bot hier eventuell der für Agrarökosysteme charakteristischen Art *P. quatuordecimpunctata* einen Vorteil gegen über der mehr in Gehölzen überwinternden Art *A. bipunctata* (HONEK 1982). Die Zahl der auf den Buschbohnen bonitierten Aphiden der Arten *A. fabae* und *A. craccivora* lag verhältnismäßig niedrig (Abb 26), verglichen mit sonst typischen Befallswerten (MÜLLER 1982). Dabei blieb die Populationsdichte im Jahr 2000 noch niedriger und erreichte nicht das Maximum des Jahres 1999. Ein Grund könnte die im Jahr 2000 deutlich höhere Prädatorenpopulation gewesen sein. Nicht auszuschließen sind aber auch eventuell stärker wirkende klimatische Einflüsse im Jahr 2000 (SUTER & KELLER 1977).

Die Wildpflanzen *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* und *Urtica dioica* bewirkten in Gemüsekulturen ebenfalls eine Populationserhöhung bei Prädatoren und eine Reduktion des Aphidenbefalls. Dies lässt einen auch von diesen Pflanzenarten ausgehenden olfaktorischen Einfluss vermuten. Optische Effekte durch Blüten (MOLTHAN & RUPPERT 1988) konnten als Attraktionsfaktoren ausgeschlossen werden, da nur *Tanacetum vulgare* optisch auffällige Blüten besitzt, jedoch im Untersuchungszeitraum nicht blühte. Andererseits boten die dichtwachsenden Stauden den Prädatoren optimale Deckungsmöglichkeiten (WRATTEN & Van EMDEN 1995) und mit ihren spezifischen und artenreichen Phytophagenkomplexen zusätzliche Nahrungsressourcen (SCHMID 1992, SCHMITZ 1996). Während die Prädatorenpopulationen auf den Salat-

pflanzen in allen drei Wildpflanzenvarianten des entsprechenden Versuches ähnlich hoch waren (Tab. 19), bestand jeweils ein auffälliger Unterschied zur Kontrolle. Grundsätzlich nahmen die Populationsentwicklungen einen ähnlichen Verlauf (HONEK 1982) mit einer Zunahme bis Mitte Juni und anschließendem Rückgang. *C. septempunctata* war die häufigste Art, gefolgt von *P. quatuordecimpunctata* (HONEK 1982). Daneben konnte die für Gehölze typische Art *A. bipunctata* ebenfalls regelmäßig gefunden werden, von der bekannt ist, dass sie auf *Artemisia vulgaris* und *Urtica dioica* häufiger als andere Coccinelliden anzutreffen ist (HONEK 1981). Die Adulten von *C. carnea* wurden vergleichsweise häufig vorgefunden, weshalb ebenfalls von einem anlockenden Effekt der Wildpflanzen auszugehen ist (MONTSERRAT & MARIN 1994). Vor allem die Attraktionswirkung von *Urtica dioica* auf Coccinelliden und Chrysopiden ist bereits mehrfach beschrieben worden (PERRIN 1975, HONEK 1981). Der Populationsverlauf der Aphiden ähnelte demjenigen der Prädatoren, mit einem Anstieg bis Mitte Juni und anschließendem deutlichen Rückgang. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Rückgang der Aphiden eine Abnahme der Prädatorenzahl bewirkte (NEUENSCHWANDER et al. 1975). Der Unterschied lag somit nicht in dem grundsätzlich ähnlichen Bestandsverlauf der Aphiden in den Varianten und der Kontrolle, sondern in den deutlich divergierenden Populationsdichten. Dies kann letztlich wieder auf den prädatorenfördernden Einfluss der Wildpflanzen zurückgeführt werden. Die Aphidenpopulation auf dem Salat bestand fast ausschließlich aus den ubiquitären Arten *M. persicae*, *N. ribisnigri* und *M. euphorbiae* und stimmt damit mit den Resultaten ähnlicher Untersuchungen überein (NUNNENMACHER 1998).

Die nützlingsfördernde Wirkung von *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* und *Urtica dioica* konnte auch in Kohlrabikulturen bestätigt werden, in denen die Populationsdichten der untersuchten Prädatorenarten in den Wildpflanzenvarianten ebenfalls deutlich höher als in der Kontrolle waren (Abb. 30). Vor allem die Coccinelliden-Arten wurden durch die Begleitpflanzungen gefördert. SMITH (1976) konnte in Rosenkohlfeldern hingegen nur einen geringen Effekt von Wildpflanzen auf die Coccinelliden-Populationen ermitteln. Die häufigsten auf den Kohlrabipflanzen festgestellten Aphidenarten waren *B. brassicae* und *M. persicae*. Beide Arten lassen sich durch erhöhte Prädatorenpopulationen deutlich im Bestand begrenzen (SMITH 1976). Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen bestätigen diese Aussage, wobei *M. persicae* in den Wildpflanzenvarianten stärker reduziert wurde als *B. brassicae*, was im Gegensatz zu den Beobachtungen von COSTELLO & ALTIERI (1995) steht. Die Populationsverläufe von Prädatoren und Aphiden zeigen zudem, dass die Abundanz adulter Räuber und der Start ihrer Reproduktionsphase von der Dichte der Aphiden abhängt (HONEK 1980).

Die Gründungspflanzen *Fagopyrum esculentum* (Buchweizen) und *Lupinus luteus* (Gelbe Lupine) bewirkten als Begleitpflanzungen ebenfalls erhöhte Nützlingspopulationen, was auch in

Spätsommerversuchen einen negativen Effekt auf die Aphidenbestände in Salat- und Kohlrabikulturen hatte. Grund hierfür dürfte u. a. der Deckungsaspekt gewesen sein (WRATTEN et al. 1998), den diese schnellaufwachsenden Arten den Prädatoren im Spätsommer geboten haben, zumal zu dieser Zeit die Zahl potentieller Rückzugsmöglichkeiten durch fortschreitende Erntemaßnahmen rapide abnahm. Beide Pflanzen stellen zudem ein für Prädatoren gut nutzbares Nahrungsreservoir dar (HEMPTINNE & DESPRETS 1986, GRUPPE & RÖMER 1988). Adulte Coccinelliden und Chrysopiden konnten bis zum Ende der Bonitur in fast gleichmäßiger Populationsdichte auf den Gemüsepflanzen beobachtet werden, obwohl die Zahl der Aphiden bereits deutlich zurückgegangen war. In der Salatkultur nahm die Zahl der Prädatoren mit Blühbeginn von *Fagopyrum esculentum* und *Lupinus luteus* sogar noch zu, während die Werte in der Kontrolle auf einem niedrigen Niveau blieben. Der etwas erhöhte Besatz der auch Nektar aufnehmenden Prädatoren in der Variante mit *Fagopyrum esculentum* hatte möglicherweise seinen Grund in der leichteren Zugänglichkeit der Nektarien in den Blüten von *Fagopyrum esculentum* im Vergleich zu denen von *Lupinus luteus* (WEISS & STETTNER 1991). Bezogen auf die Übereinstimmungen von Freiland- und Laborergebnissen kann zudem von einer olfaktorischen Attraktionswirkung beider Pflanzenarten ausgegangen werden (KRANZ & SENGONCA 2000, 2002). Die in der Folge reduzierten Aphidenpopulationen bestätigen die Ergebnisse von PLATT et al. (1999) und NICHOLLS et al. (2000), die in Gemüse- und Weinkulturen ebenfalls einen reduzierten Schädlingsbefall durch *Fagopyrum esculentum* als Untersaat erzielen konnten.

Für typische Zierpflanzen wie *Antirrhinum majus* oder *Gomphrena globosa* (Kugelamaranth) gibt es hingegen so gut wie keine Hinweise auf nützlingsfördernde Eigenschaften, was hinsichtlich einer potentiellen Anwendung u. a. in Privatgärten überraschend ist. FREI & MANHART (1992) und SCHMID (1992) beschreiben u. a. die Attraktionswirkung von *Malva sylvestris* (Wilde Malve) oder *Achillea millefolium* (Schaufgarbe) auf Nützlinge, was in dieser Arbeit für die Gartenformen *Malva* sp. (Ziermalve) bzw. *Achillea* sp. (Zierschaufgarbe) bestätigt werden konnte. Eine Korrelation von Freiland- und Laborergebnissen ergab sich auch in diesen Versuchen. Während beispielsweise *Antirrhinum majus* im Labor eine vergleichsweise hohe Attraktivität ausübte und im Freiland erhöhte Prädatorenpopulationen bewirkte, ergaben sich bei *Gomphrena globosa* auf den Kohlrabipflanzen niedrigere Dichten, die ihre Entsprechung in der geringeren olfaktorischen Attraktivität in den Laborversuchen fanden (Abb. 34). Die auf „Gut Ostler“ durchgeführten Versuche zur Nützlingsförderung mit *Phacelia tanacetifolia* (Phacelie), die im Labor ebenfalls eine höhere Aktivität der Prädatoren bewirkte, zeigten, dass Begleitpflanzungen auch in großflächigeren Gemüsekulturen, in diesem Fall Rotkohl, eine deutlich nützlingsfördernde Wirkung haben können (Abb. 35). Zudem konnte die von anderen Autoren beschriebene nützlingsfördernde Wirkung von *Phacelia tanacetifolia* bestätigt werden (SENGONCA & FRINGS 1988, CHANEY 1991).

Verantwortlich für die nützlingsfördernde Wirkung von Begleitpflanzungen können mehrere Faktoren sein, darunter olfaktorisch wirkende Reize verschiedenen Ursprungs, die auf Nützlingspopulationen einwirken und diese im Bestand fördern. Im Sinne der biologischen Schädlingsbekämpfung macht man sich sowohl die gerichteten Reaktionen von Nützlingen auf Allelochemikalien unterschiedlichsten Ursprungs (PAYNE et al. 1986) als auch die Kenntnisse der für die entsprechenden Arten notwendigen Habitatausstattung zu Nutze (LANDIS et al. 2000). Beispielsweise werden olfaktorisch wirkende Attraktantien ausgebracht, um Nützlinge gezielt in entsprechend behandelte Flächen zu bringen (CARTER & DIXON 1984). Hierzu können u. a. auch Pflanzen verwendet werden, die Schädlinge aus Kulturen abziehen (RADIN & DRUMMOND 1994) oder Prädatoren in diese hineinlocken (SENGONCA & FRINGS 1988). Ein solcher Effekt kann durch das Bereitstellen der für Nützlinge notwendigen Habitatbestandteile erreicht werden, sei es durch das Anpflanzen von Mischkulturen (COLL & BOTTRELL 1995), das Einbringen von Untersaaten (KLINGER 1987, GLEN 2000) oder den Erhalt natürlicher Vegetation als Wildpflanzenstreifen (KISS et al. 1997) oder durch „Inselhabitate“ (ZHAO et al. 1991) in agrarisch genutzten Flächen. Die Begleitpflanzung mit Wild- und Kulturpflanzen wie *Artemisia vulgaris*, *Urtica dioica*, *Medicago sativa* oder *Fagopyrum esculentum* führte in angrenzenden Kulturen verschiedener Gemüsesorten zu teilweise deutlich höheren Populationsdichten der untersuchten Prädatorenarten. Bei dem Vergleich mit den jeweiligen Kontrollparzellen kann davon ausgegangen werden, dass die durch die Begleitpflanzungen bewirkte Nützlingsförderung einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Aphidenbefall der Gemüsepflanzen hatte.

Der nützlingsfördernde und damit schädlingsreduzierende Einfluss derartiger Vegetationsformen kann in der olfaktorischen Wirkung der hierzu ausgewählten Pflanzenarten begründet sein (SHAH 1983, DWUMFOUR 1992, TREFAS et al. 2001). Zumindest lässt ein Vergleich der in dieser Arbeit vorgestellten Ergebnisse aus Labor- und Freilandversuchen einen derartigen Effekt vermuten. Hierdurch ergeben sich weitergehende Möglichkeiten hinsichtlich der Auswahl einer für Begleitpflanzungen optimalen Pflanzenmischung (PFIFFNER & SCHAFFNER 2000). Manipulationen von Kulturpflanzenbeständen durch gezielt eingebrachte Begleitpflanzungen (ALTIERI & SCHMIDT 1985) können bei Verwendung olfaktorisch attraktiver Pflanzen von erheblicher Bedeutung für den biologischen Pflanzenschutz sein (PICKETT & BUGG 1998). Zusammen mit gezielten Gestaltungs- und Pflegemaßnahmen (NUNNENMACHER 1998) und einer Auswahl von Pflanzenarten mit einem hohen Besatz unbedenklicher und als zusätzliches Nahrungsreservoir dienender Aphiden (NENTWIG 1998, LETHMEYER 2000) können nützlingsfördernde Begleitpflanzungen für die Praxis interessant werden. Vor allem bei Verwendung unproblematischer Pflanzenarten mit eigener agrarwirtschaftlicher Nutzungsmöglichkeit wie *Lupinus luteus* (DAMBROTH 1989) oder *Fagopyrum esculentum* (GOERNER 1996) stellen Be-

gleitpflanzungen vor allem im Obst- und Gemüsebau eine interessante Ergänzung zu klassischen Pflanzenschutzmaßnahmen dar.

Hinweise darauf, dass Begleitpflanzungen durch ihr Ressourcenangebot Nützlinge aus den Kulturen weglocken (KEMP & BARRETT 1989), konnten nicht bestätigt werden. Ebenso wenig kam es durch die verwendeten Wildpflanzen zu erhöhten Aphidenpopulationen, was bereits LETHMEYER (2000) feststellen konnte. Andererseits ist bei der Auswahl von Begleitpflanzen die geringe Akzeptanz vieler „Unkräuter“ zu beachten. Eine Übertragungsmöglichkeit von Schädlingen aus der Begleitpflanzung auf die Kulturen ist auf jeden Fall auszuschließen. Für nützlingsfördernde Anpflanzungen sind daher auch in der Praxis unproblematischere Kulturpflanzen besser geeignet (SENGONCA & FRINGS 1988, PLATT et al. 1999), die zudem ein hohes olfaktorisches Attraktionspotential auf Prädatoren aufweisen (KRANZ & SENGONCA 2002). Die von Pflanzen emittierten Allelochemikalien können somit in ihrer phytomedizinischen Wirkung in das von KENNEDY (1978) aufgestellte Konzept von „attraction“ und „arrestment“ integriert werden. Neben den olfaktorischen Attraktionswirkungen bestätigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit die „enemies hypothesis“ von RUSSELL (1989), nach der die Abundanz und die Wirkung von Nützlingen in Habitaten mit vielfältiger Vegetation höher sind als in Monokulturen (RISCH et al. 1983, ANDOW & RISCH 1985). Mischkulturen mit Pflanzen, die u. a. eine olfaktorische Attraktivität auf Nützlinge ausüben, erhöhen die Diversität in Agrarökosystemen und damit den Einfluss von Prädatoren auf den Bestand von Schadorganismen (ALTIERI & LETOURNEAU 1983, ANDOW 1991). Die Verwendung derartiger Pflanzenarten erweitert somit nicht nur die Möglichkeiten zur Habitatmanipulation von Agrarökosystemen (LANDIS et al. 2000), sondern erhöht insgesamt die ökologische Wertigkeit der Agrarlandschaft (NENTWIG 2000).

Schlussbetrachtung

Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen, dass es Korrelationen zwischen den Laborergebnissen zur olfaktorischen Attraktionswirkung von Pflanzen auf Prädatoren und erhöhten Populationsdichten von Nützlingen bei Begleitpflanzung mit diesen Pflanzenarten gibt. Die Prädatoren reagierten unterschiedlich deutlich auf verschiedene Pflanzenarten im Olfaktometer, was eine olfaktorische Attraktionswirkung durch Pflanzen vermuten lässt. Gleichzeitig bewirkten einige als Begleitpflanzungen in Gemüsekulturen eingebrachte Pflanzenarten eine teilweise signifikante Populationserhöhung der bonitierten Prädatorenarten, was wiederum zu einer teilweise ebenfalls signifikanten Reduktion gemüsespezifischer Aphidenarten führte. Die Ergebnisse aus Labor- und Freilandversuchen lassen annehmen, dass Begleitpflanzungen ausgesuchter Pflanzenarten auch in der landwirtschaftlichen Praxis eine vermehrte Bedeutung erlangen können.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Attraktionswirkung von Pflanzen bzw. der von ihnen emittierten Allelochemikalien auf die Adulten der polyphagen Prädatoren *Coccinella septempunctata* L., *Adalia bipunctata* (L.), *Propylea quatuordecimpunctata* (L.) (Col., Coccinellidae) sowie *Chrysoperla carnea* (Steph.) (Neur., Chrysopidae). Hierzu wurde in Vorversuchen im Labor ein vierarmiges Olfaktometer zur optimierten Durchführung dieser Untersuchungen modifiziert und einige Parameter für den Einsatz der Testindividuen aus Laborzucht und Freiland angepasst. In den anschließenden Versuchen erfolgte die Überprüfung der olfaktorischen Attraktionswirkung verschiedener Wild-, Zier- und Kulturpflanzenarten auf die genannten Prädatoren. Die Freilandversuche dienten der Ermittlung von Prädatorenpopulationsdichten auf verschiedenen Pflanzen sowie in Gemüsekulturen bei Begleitpflanzung mit einigen dieser Arten. Parallel wurden in diesen Versuchen die Populationsdichten der jeweils häufigsten Aphidenarten aufgenommen.

Wesentliche Modifikationen des Olfaktometers umfassten eine Abschirmung der Testindividuen von äußeren Einflüssen sowie eine verbesserte Handhabbarkeit der Prädatoren. In anschließenden Versuchen wurden die Reaktionen der getesteten Individuen auf die Duftquellen „Blattläuse“, „Ackerbohne + Blattläuse“ und „Ackerbohne“ überprüft. Alle vier Arten zeigten hier im Vergleich zur Leerprobe mehr Reaktionen auf die Duftquellen, insbesondere auf „Ackerbohne + Blattläuse“. Ein größerer Anteil der Versuchsindividuen aller Arten verblieb allerdings nach einer 30-minütigen Untersuchungsdauer noch in der Arena und zeigte in dieser Zeit keine Reaktion auf die angebotenen Duftquellen. Zwischen Labor- und Freilandindividuen traten nur geringe Unterschiede in der Aktivität auf, während in den Gruppenversuchen eine signifikant niedrigere Zahl an Reaktionen auf die Duftquellen festgestellt werden konnte. Die für die Versuchsdurchführung günstigste maximale Einzelversuchsdauer betrug 30 Minuten, während die hierfür optimale Hungerdauer der Testindividuen zwischen einer Stunde (*C. carnea*) und sechs Stunden (*C. septempunctata*) variierte. Auffällige Unterschiede zwischen Individuen verschiedenen Geschlechts oder Alters traten nicht auf.

Für die im Olfaktometer getesteten Pflanzenarten ergaben sich deutlich unterschiedliche Attraktionswirkungen auf die Adulten der vier Prädatorenarten, wobei die Freilandfänge eine etwas höhere Aktivität als die Laborzuchten aufwiesen. Weiterhin konnte in den Versuchen ermittelt werden, dass die einzelnen Pflanzenarten eine vergleichbare olfaktorische Attraktivität auf die vier Arten ausübten. Beispielsweise zeigten die Testindividuen von *C. septempunctata* (Laborzucht) auf die verwendeten Wildpflanzen eine Aktivität, die zwischen 6 % (*Centaurea cyanus*) und 32 % (*Artemisia vulgaris*) lag. Für die Freilandfänge dieser Prädatorenart betrugen die entsprechenden Werte ebenfalls 6 % und 32 %. Daher reagierten signifikant mehr Individuen von

C. septempunctata auf *A. vulgaris* als Duftquelle als auf jede der drei Kontrollproben mit Pflanzenerde. Für *C. cyanus* ergaben sich hingegen keine signifikanten Unterschiede. Die höchsten Werte für die Attraktivität wurden mit 42 % (*A. bipunctata*) und 38 % (*C. carnea*) auf *Medicago sativa* bzw. mit 38 % (*C. septempunctata*) auf *Fagopyrum esculentum* sowie mit 34 % (*P. quatuordecimpunctata*) auf *Antirrhinum majus* als jeweilige Duftquelle festgestellt.

In Schachbrettversuchen im Freiland konnten auf den verschiedenen Pflanzenarten divergierende Populationsdichten der untersuchten Prädatorenarten ermittelt werden, wobei diese wiederum bei allen vier Arten für jede Pflanzenart tendenziell ähnlich waren. Vergleichbar mit den Resultaten der Laboruntersuchungen wurden die höchsten Populationsdichten auf *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* oder *Medicago sativa* festgestellt. Die Ergebnisse zeigten aber auch, dass die jeweils pflanzenspezifischen Aphiden einen starken Einfluss auf die Prädatorenpopulationen hatten. Die höchste Zahl Prädatoren fand sich auf *Centaurea cyanus*, einer Pflanze, die im Labor keine deutliche Attraktivität ausübte, aber im Freiland einen starken Befall mit Aphiden aufwies.

Begleitpflanzungen mit Pflanzen hoher olfaktorischer Attraktivität erhöhten stellenweise signifikant die Populationsdichten der Prädatoren in angrenzenden Gemüsepflanzungen. Andererseits blieben die Unterschiede zwischen verschiedenen Pflanzvarianten, z. B. rahmen- oder streifenförmiger Begleitpflanzung, gering. Auch zwischen Varianten mit verschiedenen Begleitpflanzenarten, wie z. B. *Artemisia vulgaris*, *Tanacetum vulgare* und *Urtica dioica*, gab es nur geringe Differenzen, bei stellenweise wiederum signifikanten Unterschieden zur Kontrolle. Neben einigen Wildpflanzen bewirkten auch *Fagopyrum esculentum*, *Lupinus luteus*, *Phacelia tanacetifolia* oder die Zierpflanze *Antirrhinum majus* deutliche Populationserhöhungen von Prädatoren in verschiedenen Gemüsekulturen. Derartige nützlingsfördernde Effekte ergaben sich sowohl in Früh- als auch in Spätsommeruntersuchungen, ebenso wie in ausgedehnteren Gemüsepflanzungen.

Die erhöhten Populationen der Prädatoren bei Begleitpflanzung führten im Vergleich zu den Kontrollen zu teilweise signifikant reduzierten Populationsdichten gemüsetypischer Aphidenarten wie *Aphis fabae*, *Brevicoryne brassicae* oder *Myzus persicae*. Zusammen mit den höheren Individuenzahlen der Prädatoren ist dies ebenfalls ein Beleg für die nützlingsfördernde Wirkung von Begleitpflanzungen. Für die Populationsdichten der Aphiden wurden ebenfalls nur geringfügige Unterschiede zwischen den Begleitpflanzungsvarianten festgestellt, sowohl bezogen auf die Anlagevarianten als auch die verwendeten Pflanzenarten.

Die Ergebnisse dieser Arbeit verdeutlichen insgesamt, wie groß der Einfluss von beispielsweise olfaktorisch attraktiven Begleitpflanzen auf die Populationen von Prädatoren und Aphiden sein kann und welche Vorteile sich daraus für die biologische Schädlingsbekämpfung im Gemüseanbau ergeben.

LITERATURVERZEICHNIS

- ALTIERI, M.A. & LETOURNEAU, D.K. (1983): Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* 1, 405-430.
- ALTIERI, M.A. & SCHMIDT, L.L. (1985): Cover crop manipulation in northern California orchards and vineyards: effects on arthropod populations. *Biol. Agric. Hortic.* 3, 1-24.
- ANDOW, D.A. (1991): Vegetational diversity and arthropod population response. *Ann. Rev. Entomol.* 36, 561-586.
- ANDOW, D.A. & RISCH, S.J. (1985): Predation in diversified agroecosystems: relations between a coccinellid predator *Coleomegilla maculata* and its food. *J. Appl. Ecol.* 22, 357-372.
- BASEDOW, T. (1982): Untersuchungen zur Populationsdynamik des Siebenpunkt-Marienkäfers *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae) auf Getreidefeldern in Schleswig-Holstein von 1976-1979. *Z. Angew. Ent.* 94, 66-82.
- BECHINSKI, E.J. & PEDIGO, L.P. (1982): Evaluation of methods for sampling predatory arthropods in soybeans. *Environ. Entomol.* 11, 756-761.
- BLACKMAN, R. (1974): Invertebrate types: Aphids. Ginn & Company Limited, London, Aylesbury, 175 pp.
- BOLDYREV, M.L. & WILDE, W.H.A. (1969): Predacious coccinellid oviposition responses to *Juniperus* wood. *Can. Ent.* 101, 1199-1206.
- BOO, K.S., CHUNG, I.B., HAN, K.S., PICKETT, I.A. & WADHAMS, L.J. (1998): Response of the lacewing *Chrysopa cognata* to pheromons of its aphid prey. *J. Chem. Ecol.* 24, 631-643.
- BUDENBERG, W.J. & POWELL, W. (1992): The role of honeydew as an ovipositional stimulant for two species of syrphids. *Entomol. Exp. Appl.* 64, 57-61.
- BÜRKI, H.M. & HAUSAMMAN, A. (1993): Überwinterung von Arthropoden im Boden und an Ackerunkräutern künstlich angelegter Ackerrandstreifen. *Agrarökologie* 7, 1-138.
- BUGG, R.L. (1992): Using cover crops to manage arthropods on truck farms. *HortScience* 27, 741-745.
- BUGG, R.L., EHLE, L.E. & WILSON, L.T. (1987): Effect of common knotweed (*Polygonum aviculare*) on abundance and efficiency of insect predators of crop pests. *Hilgardia* 55, 1-53.
- CARTER, M.C. & DIXON, A.F.G. (1984): Honeydew: an arrestment stimulus for coccinellids. *Ecol. Entomol.* 9, 383-387.
- CHANEY, W.E. (1991): Insect Plants. *IPM-Practitioner* 13(9), 9-10.

- CLOAREC, A. (1990): Factors influencing the choice of predatory tactics in a water bug *Diplo-nychus indicus* Venk. & Rao (Heteroptera: Blastomatidae). Anim. Behaviour 40, 262-271.
- COLAZZA, S., SALERNO, S. & WAJNBERG, E. (1999): Volatile and contact chemicals released by *Nezara viridula* (Heteroptera: Pentatomidae) have a kairomonal effect on the egg parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae). Biol. Control 16, 310-317.
- COLL, M. & BOTTRELL, D.G. (1995): Predator-prey association in mono- and dicultures: Effect of maize and bean vegetation. Agric. Ecosyst. Environ. 54, 139-149.
- CORBETT, A., LEIGH, T.F. & WILSON, L.T. (1991): Interplanting alfalfa as a source of *Meta-seiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) for managing spider mites in cotton. Biol. Control 6, 35-44.
- CORTESERO, A.M. & MONGE, J.P. (1994): Influence of pre-emergence experience on response to host and host plant odours in the larval parasitoid *Eupelmus vuilleti*. Entomol. Exp. Appl. 72, 281-288.
- COSTELLO, M.J. & ALTIERI, M.A. (1995): Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. Agric. Ecosyst. Environ. 52, 187-196.
- CURIO, E. (1976): Ethology of predation. Springer Verlag, Berlin, 250 pp.
- DAMBROTH, M. (1989): Möglichkeiten der Wiederenwicklung des Lupineanbaus in der Bundesrepublik Deutschland. Schrift. Bundesmin. Ernähr. Landwirtsch. Forsten R.A., Nr. 367, 26-43.
- DEAN, G.J. & SATASOOK, C. (1983): Response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) to some potential attractants. Bull. Ent. Res. 73, 619-624.
- DICKE, M., SABELIS, M.E., TAKABAYASHI, J., BRUIN, J. & POSTHUMUS, M.A. (1990): Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. J. Chem. Ecol. 16, 3091-3117.
- DICKENS, J.C. (1999): Predator-prey interactions: olfactory adaptations of generalist and specialist predators. Agric. Forest Entom. 1, 47-54.
- DICKSON, R.C., LAIRD, E.F. & PESHO, C.R. (1955): The spotted alfalfa aphid (*Theroaphis maculata*) predator relationship: Hemiptera, Coccinellidae, Syrphidae, Neuroptera. Hilgardia 24, 93-118.
- DRUKKER, B., SCUTAREANU, P. & SABELIS, M.W. (1995): Do anthocorid predators respond to synomones from *Psylla*-infested pear trees under field conditions?. Entomol. Exp. Appl. 77, 193-203.

- DUELLI, P. (1984): Dispersal and oviposition strategies in *Chrysoperla carnea*, pp 133-145. In: GEPP, J., ASPÖCK, H. & HÖLZEL, H. (eds.): Progress in world's neuropterology. Graz.
- DWUMFOUR, E.F. (1992): Volatile substances evoking orientation in the predatory flowerbug *Anthocoris nemorum* (Heteroptera: Anthocoridae). Bull. Ent. Res. 82, 465-469.
- EKBOM, B. (1994): Arthropod predators of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* Harr. (Hom., Aphididae) in peas (*Pisum sativum* L.), clover (*Trifolium pratense* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). J. Appl. Ent. 117, 469-776.
- EVANS, W.G. (1988): Chemically mediated habitat recognition in shore insects (Coleoptera: Carabidae; Hemiptera: Salididae). J. Chem. Ecol. 14, 1441-1454.
- EVANS, E.W. & RICHARDS, D.R. (1997): Managing the dispersal of ladybird beetles (Col.: Coccinellidae): Use of artificial honeydew to manipulate spatial distributions. Entomophaga 42, 93-102.
- FARKAS, S.R., SHOREY, H.H. & GASTON, L.K. (1974): Sex pheromones of Lepidoptera. Influence of pheromone concentration and visual clues on aerial trail following by male of *Pectinophora gossypiella*. Ann. Entomol. Soc. Am. 67, 633-638.
- FLINT, H.M., SALTER, S.S. & WALTERS, S. (1979): Caryophyllene: an attractant for the green lacewing. Environ. Entomol. 8, 1123-1125.
- FREI, G. & MANHART, C. (1992): Nützlinge und Schädlinge an künstlich angelegten Ackerkrautstreifen in Getreidefeldern. Agrarökologie 4, 1-140.
- GEIER, M. & BOECKH, J. (1999): A new Y-tube olfactometer for mosquitoes to measure the attractiveness of host odours. Entomol. Exp. Appl. 92, 9-19.
- GLEN, D.M. (2000): The effects of cultural measures on cereal pests and their role in integrated pest management. Integrated Pest Management Reviews 5, 25-40.
- GOERNER, L.E. (1996): Buchweizen – eine alternative landwirtschaftliche Kulturpflanze und ein vorzügliches Lebensmittel. Getreide, Mehl und Brot 50, 112-113.
- GONZALES, W.L., FUENTES-CONTRERAS, E. & NIEMEYER, H.M. (1999): Semiochemicals associated to spacing behaviour of the bird cherry-oat aphid *Rhopalosiphum padi* L. (Hem., Aphididae) do not affect the olfactometric behaviour of the cereal aphid parasitoid *Aphidius rhopalosiphi* De Stephani-Perez (Hym., Braconidae). J. Appl. Ent. 123, 413-415.
- GRUPPE, A. & RÖMER, P. (1988): The lupin aphid (*Macrosiphum albifrons* Essig, 1911) (Hom., Aphididae) in West Germany: its occurrence, host plants and natural enemies. J. Appl. Ent. 106, 135-143.

- HASSAN, S.A. (1975): Über die Massenzucht von *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera, Chrysopidae). Z. Angew. Ent. 79, 310-315.
- HATTINGH, V. & SAMWAYS, M.J. (1995): Visual and olfactory location of biotopes, prey patches, and individual prey by the ladybeetle *Chilocorus nigritus*. Entomol. Exp. Appl. 75, 87-98.
- HEMPTINNE, J.L. & DESPRETS, A. (1986): Pollen as a spring food for *Adalia bipunctata*, pp 29-35. In: HODEK, I. (ed): Ecology of Aphidophaga. Academia, Prague & Dr. W. Junk, Dordrecht.
- HODEK, I. & HONEK, A. (1996): Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 464 pp.
- HONEK, A. (1980): Population density of aphids at the time of settling and ovariole maturation in *Coccinella septempunctata* L. (Col.: Coccinellidae). Entomophaga 25, 427-430.
- HONEK, A. (1981): Aphidophagous Coccinellidae (Coleoptera) and Chrysopidae (Neuroptera) on three weeds: factors determining the composition of populations. Acta Ent. Bohemoslov. 78, 303-310.
- HONEK, A. (1982): The distribution of overwintered *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae) adults in agricultural crops. Z. Angew. Ent. 94, 311-319.
- IPERTI, G. & PRUDENT, P. (1986): Effect of the substrat properties on the choice of oviposition sites by *Adalia bipunctata*, pp 143-149. In: HODEK, I. (ed): Ecology of Aphidophaga. Academia, Prague & Dr. W. Junk, Dordrecht.
- JERVIS, M. & KIDD, N. (1996): Phytophagy, pp 375-394. In: JERVIS, M. & KIDD, N. (eds.): Insect natural enemies, Chapman & Hall, London, New York, Melbourne.
- JUSTUM, A.R. & GORDON, R.F.S. (eds.) (1989): Insect Pheromones in Plant Protection. Wiley, New York, 372 pp.
- KEIL, T.A., HARTLIEB, E., BOCK, C. & ALEXANDER, R.A. (2001): Die Mikrowelt der Insektennasen. Naturwiss. Rundschau 54, 519-525.
- KEMP, J.C. & BARRETT, G.W. (1989): Spatial patterning: impact of uncultivated corridors on arthropod populations within soybean agroecosystems. Ecology 70, 114-128.
- KENNEDY, J.S. (1978): The concepts of olfactory „arrestment“ and „attraction“. Physiol. Entomol. 3, 91-98.
- KESTEN, U. (1969): Zur Morphologie und Biologie von *Anatis ocellata* (L.) (Col.: Coccinellidae). Z. Angew. Ent. 63, 442-445.

- KIRSCHFELD, K. (1971): Aufnahme und Verarbeitung optischer Daten im Komplexauge von Insekten. *Naturwiss.* 58, 201-209.
- KISS, J., PENKSZA, K., TOTH, F. & KADAR, F. (1997): Evaluation of fields and field margins in nature protection capacity with special regard to plant protection. *Agric. Ecosyst. Environ.* 63, 227-232.
- KLAUSNITZER, B. (1966): Übersicht über die Nahrung der einheimischen Coccinellidae. *Entomologische Berichte*, Berlin, 91-101.
- KLINGER, K. (1987): Auswirkungen eingesäter Randstreifen an einem Winterweizen-Feld auf die Raubarthropodenfauna und den Getreideblattlausbefall. *J. Appl. Ent.* 104, 47-58.
- KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. & VOLESKE, P. (1984): *Bionometrie*. Axel Springer, Berlin, Heidelberg, 255 pp.
- KNAUER, N. (1993): *Ökologie und Landwirtschaft: Situation – Konflikte – Lösungen*. Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, 280 pp.
- KRANZ, J. & SENGONCA, C. (2000): Olfaktometrische Untersuchungen zur Attraktivität verschiedener Pflanzenarten für Nützlinge. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 12, 477-480.
- KRANZ, J. & SENGONCA, C. (2001): Attraktivität ausgewählter Pflanzenarten auf *Coccinella septempunctata* L. (Col., Coccinellidae) im Freiland. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 13, 189-192.
- KRANZ, J. & SENGONCA, C. (2002): Attractiveness of different plant species to beneficial arthropods in a four-armed olfactometer (in Vorb.).
- KRANZ, J., TORT, N. & SENGONCA, C. (2002): Auswirkungen dreier Wildkrautarten in einem Kohlrabifeld auf räuberische Coccinelliden und Blattläuse. *Gesunde Pflanzen* 54, 98-104.
- LANDIS, D.A., WRATTEN, S.D. & GURR, G.M. (2000): Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 45, 175-201.
- LAPCHIN, L., FERRAN, A., IPERTI, G., RABASSE, J.M. & LYON, J.P. (1987): Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) and syrphids (Diptera: Syrphidae) as predators of aphids in cereal crops: a comparison of sampling methods. *Can. Ent.* 119, 815-822.
- LETHMEYER, C. (2000): Herbivore – Förderung von Schädlingen, pp 127-136. In: NENTWIG, W. (ed): *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder*. vaö-Verlag Agrarökologie, Bern, Hannover.
- LEWIS, W.J. & MARTIN, W.R. (1990): Semiochemicals for use in biological control: status and future. *J. Chem. Ecol.* 16, 3067-3089.

- LIU, B. & SENGONCA, C. (1994): Development of 8-armed airflow olfactometers for measuring olfactory responses of insect predators. *Anz. Schädlingsskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz* 67, 30-34.
- McEWEN, P.K., JERVIS, M.A. & KIDD, N.A.C. (1993): Use of a sprayed L-tryptophan solution to concentrate numbers of the Green Lacewing, *Chrysoperla carnea*, in olive tree canopy. *Entomol. Exp. Appl.* 85, 34-39.
- MAJERUS, M.E.N. (1994): Ladybirds. Harper Collins, London, 367 pp.
- MAREDA, K.M., GAGE, S.H., LANDIS, D.A. & SCRIBER, J.M. (1992): Habitat use patterns by the Seven-spotted Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in a diverse agricultural landscape. *Biol. Control* 2, 159-165.
- MILNE, W.M & BISHOP, A.L. (1987): The role of predators and parasites in the natural regulation of lucerne aphids in eastern Australia. *J. Appl. Ecol.* 24, 893-905.
- MOLTHAN, J. & RUPPERT, V. (1988): Zur Bedeutung blühender Wildkräuter in Feldrainen und Äckern für blütenbesuchende Nutzinsekten. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land- und Forstwirtschaft* 247, 85-99.
- MONTERRAT, V.J. & MARIN, F. (1994): Plant substrate specificity of Iberian Chrysopidae (Insecta: Neuroptera). *Acta Oecologica* 15, 119-131.
- MÜLLER, F.P. (1982): Das Problem *Aphis fabae*. *Z. Angew. Ent.* 94, 432-466.
- MURLIS, J., ELKINGTON, J.S. & CARDE, R.T. (1992): Odour plumes and how insects use them. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 505-532.
- NAKAMUTA, K. (1987): Diel rhythmicity of prey searching activity and its predominance over starvation in the lady beetle *Coccinella septempunctata bruckii*. *Physiol. Entomol.* 12, 91-98.
- NASSEH, M.O. (1982): Zur Wirkung von Knoblauch-Extrakt auf *Syrphus corollae* F., *Chrysopa carnea* Steph. und *Coccinella septempunctata* L. *J. Appl. Ent.* 94, 123-126.
- NENTWIG, W. (1998): Weedy plant species and their beneficial arthropods: potential for manipulation in field crops, pp 49-71. In: PICKETT, C.H. & BUGG, R.L. (eds.): Enhancing biological control. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- NENTWIG, W. (ed) (2000): Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder. vaö-Verlag Agrarökologie, Bern, Hannover, 293 pp.
- NEUENSCHWANDER, P., HAGEN, K.S. & SMITH, R.F. (1975): Predation of aphids in California's alfalfa fields. *Hilgardia* 43, 53-78.

- NICHOLLS, C.I., PARRELLA M.P. & ALTIERI, M.A. (2000): Reducing the abundance of leafhoppers and thrips in a northern California organic vineyard through maintenance of full season floral diversity with summer cover crops. *Agric. Forest Ent.* 2, 107-113.
- NINKOVIC, V., AL ABASSI, S. & PETERSSON, J. (2001): The influence of aphid-induced plant volatiles on Ladybird Beetle searching behaviour. *Biol. Control* 21, 191-195.
- NORDLUND, D.A., CHALFANT, R.B. & LEWIS, W.J. (1984): Arthropod populations, yield and damage in monocultures and polycultures of corn, beans and tomatoes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 11, 353-367.
- NUNNENMACHER, L. (1998): Blattläuse auf Kopfsalat und deren Kontrolle durch gezielte Beeinflussung der Lebensgrundlage ihrer Prädatoren. *Bayreuther Forum Ökologie* 61, 1-148.
- PAYNE, T.L., BIRCH, M.C. & KENNEDY, C.E.J. (eds.) (1986): *Mechanisms in Insect Olfaction*. Clarendon Press, Oxford, 364 pp.
- PERRIN, R.M. (1975): The role of the perennial stinging nettle *Urtica dioica* as a reservoir of beneficial natural enemies. *Ann. Appl. Biol.* 81, 289-297.
- PIFFNER, L. & SCHAFFNER, D. (2000): Anlage und Pflege von Ackerkrautstreifen, pp 41-54. In: NENTWIG, W. (ed): *Streifenförmige ökologische Ausgleichsflächen in der Kulturlandschaft: Ackerkrautstreifen, Buntbrache, Feldränder*. vaö-Verlag Agrarökologie, Bern, Hannover.
- PICKETT, C.H. & BUGG, R.L. (1998): *Enhancing Biological Control*. University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London. 422 pp.
- PICKETT, J.A., WADHAMS, L.J. & WOODCOCK, C.M. (1992): The chemical ecology of aphids. *Ann. Rev. Entomol.* 37, 67-90.
- PLATT, J.O., CALDWELL, J.S. & KOK, L.T. (1999): Effect of buckwheat as a flowering border on populations of cucumber beetles and their natural enemies in cucumber and squash. *Crop Protection* 18, 305-313.
- PONSONBY, D.J. & COPLAND, J.W. (1995): Olfactory responses by the scale insect predator *Chilocorus nigritus* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae). *Biocontrol Sci. Tech.* 5, 83-93.
- RADIN, A.M. & DRUMMOND, F.A. (1994): An evaluation of the potential for the use of trap cropping of the striped cucumber beetle, *Acalymna vittatum* (F.) (Coleoptera: Chrysomelidae). *J. Agric. Entomol.* 11, 93-113.
- RAO, A., VINSON, S.B., GILSTRAP, F.E. & MICHELS, G.J. (1999): Response of an aphid parasitoid, *Aphelinus asychis* to its host, plant, host-plant complex, and to malathion. *Entomol. Exp. Appl.* 91, 449-456.

- RAPUSAS, H.R., BOTTRELL, D.G. & COLL, M. (1996): Intraspecific variation in chemical attraction of rice to insect predators. *Biol. Control* 6, 394-400.
- RHAMHALINGHAN, M. (1985): Intraspecific variations in ovariole number and ovary in *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Ind. Zool.* 9, 91-97.
- RISCH, S.J., ANDOW, D. & ALTIERI, M.A. (1983): Agroecosystems diversity and pest control: data, tentative conclusions, and new research directions. *Environ. Entomol.* 12, 625-629.
- ROMEIS, J., SHANOWER, T.G. & ZEBITZ, C.P.W. (1997): Volatile plant infochemicals mediate plant preference of *Trichogramma chilonis*. *J. Chem. Ecol.* 23, 2455-2465.
- ROTHMALER, W. (1972): Exkursionsflora, Band 2: Gefäßpflanzen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin, 612 pp.
- RUSSELL, E.P. (1989): Enemies hypothesis: a review of the effect of vegetational diversity on predatory insects and parasitoids. *Environ. Entomol.* 18, 590-599.
- SCHMID, A. (1992): Untersuchungen zur Attraktivität von Ackerwildkräutern für aphidophage Marienkäfer (Coleoptera, Coccinellidae). *Agrarökologie* 5, 1-122.
- SCHMITZ, G. (1996): Phytophagenkomplexe von *Artemisia vulgaris* und *Tanacetum vulgare* im Stadt-Umland-Gradienten. *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 10, 423-426.
- SCHUSTER, M.F., LIKEFAHR, M.J. & MAXWELL, F.G. (1976): Impact of nectariless cotton on plant bugs and natural enemies. *J. Econ. Entomol.* 69, 400-402.
- SCOTT, S. & BARLOW, C.A. (1990): Effect of hunger on the allocation of time among pea plants by the larvae of an aphidophagous hoverfly, *Eupeodes corollae* (Diptera: Syrphidae). *Entomophaga* 35, 163-172.
- SCUTAREANU, P., DRUKKER, B., BRUIN, J. & SABELIS, M.W. (1997): Volatiles from *Psylla*-infested pear trees and their involvement in attraction of anthocorid predators. *J. Chem. Ecol.* 23, 2412-2260.
- SENGONCA, C. & FRINGS, B. (1988): Der Einfluss von *Phacelia tanacetifolia* auf Schädlings- und Nützlingspopulationen in Zuckerrübenfeldern. *Pedobiologia* 32, 311-316.
- SENGONCA, C. & KRANZ, J. (2001): A modified four-armed olfactometer for determination the olfactory reactions of beneficial arthropods. *J. Pest Science* 74, 127-132.
- SENGONCA, C. & KRANZ, J. (2002): Attractiveness of three weed species to predators and their influence on aphids in lettuce cultivations. *Basic Appl. Ecol.* (im Druck).
- SENGONCA, C. & LIU, B. (1994): Responses of the different instar predator, *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae), to the kairomones produced by the prey and non-prey insects as well as the predator itself. *J. Plant Diseases. Protec.* 101, 173-177.

- SENGONCA, C., KOTIKAL, Y.K. & SCHADE, M. (1995a): Olfactory reactions of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col., Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neur., Chrysopidae) in relation to period of starvation. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 69, 9-12.
- SENGONCA, C., KOTIKAL, Y.K. & SCHADE, M. (1995b): Attraktivität unterschiedlicher olfaktorischer Reize auf die Larven von *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera, Chrysopidae) im achtarmigen Olfaktometer. Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent. 10, 605-608.
- SHAH, M.A. (1983): A stimulant in *Berberis vulgaris* inducing oviposition in coccinellids. Entomol. Exp. Appl. 33, 119-120.
- SHIMODA, T., TAKABAYASHI, J., ASHIARA, W. & TAKAFUJI, A. (1997): Response of the predatory insect *Scolothrips takahashii* toward herbivore-induced plant volatiles under laboratory and field conditions. J. Chem. Ecol. 23, 2033-2048.
- SMITH, J.G. (1976): Influence of crop background on natural enemies of aphids on Brussel sprouts. Ann. appl. Biol. 83, 15-29.
- SOUISSI, R. (1999): The influence of the host plant of Cassava Mealybug *Phenacoccus manihoti* on the plant and host preferences of its parasitoid *Apoanagyrus lopezi*. Biol. Control 15, 64-70.
- SUTER, H. & KELLER, S. (1977): Ökologische Untersuchungen an feldbaulich wichtigen Blattlausarten als Grundlage für die Befallsprognose. Z. Angew. Ent. 83, 371-393.
- THOMAS, M.B., WRATTEN, S.D. & SOTHERTON, N.W. (1991): Creation of 'island' habitats in farmlands to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and emigration. J. Appl. Ecol. 28, 906-917.
- TREFAS, H., CANNING, H., MCKINLEY, R.G., ARMSTRONG, G & BUJAKI, G. (2001): Preliminary experiments on the olfactory responses of *Pterostichus melanarius* (Coleoptera: Carabidae) to intact plants. Agric. Forest Entomol. 3, 71-76.
- VENZON, M., JANSSENS, A. & SABELIS, M.S. (1999): Attraction of a generalist predator towards herbivore-infested plants. Entomol. Exp. Appl. 93, 305-314.
- VET, L.E.M. & DICKE, M. (1992): Ecology of infochemicals use by natural enemies in a tritrophic context. Ann. Rev. Entomol. 37, 141-172.
- WARD, D. (1992): The role of satisficing in foraging theory. Oikos 63, 312-317.
- WEISS, E. & STETTMER, C. (1991): Unkräuter in der Agrarlandschaft locken blütenbesuchende Nutzinsekten an. Agrarökologie 1, 1-104.

- WRATTEN, S.D. & Van EMDEN, H.F. (1995): Habitat management for enhanced activity of natural enemies of insect pests, pp 117-145. In: GLEN, D.M., GREAVES, M.P. & ANDERSON, H.M. (eds.): Ecology and integrated farming systems. Wiley, Chichester.
- WRATTEN, S.D., Van EMDEN, H.F. & THOMAS, M.B. (1998): Within-field and border refugia for the enhancement of natural enemies, pp 175-403. In: PICKETT, C.H. & BUGG, R.L. (eds.): Enhancing biological control, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- YU-HUA, Y., YI, Y., XIANG-GE, D. & BAI-GE, Z. (1997): Conservation and augmentation of natural enemies in pest management of Chinese apple orchards. Agric. Ecosyst. Environ. 62, 253-260.
- ZANGGER, A., LYS, J.A. & NENTWIG, W. (1994): Augmentation of beneficial arthropods by strip management. 5. Increasing the availability of food and the reproduction in *Poecilus cupreus* (Carabidae, Coleoptera). Entomol. Exp. Appl. 71, 111-120.
- ZHAO, J.Z., AYERS, G.S., GRAFIUS, E.J. & STEHR, F.W. (1991): Creation of 'island' habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and emigration. J. Appl. Ecol. 28, 906-917.
- ZHU, J., COSSE, A.A., OBRYCKI, J.J., BOO, K.S. & BAKER, T.C. (1999): Olfactory reactions of the twelve-spotted lady beetle, *Coleomegilla maculata* and the green lacewing, *Chrysoperla carnea* to semiochemicals released from their prey and host plant: electroantennogram and behavioural responses. J. Chem. Ecol. 25, 1163-1177.

